

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ



## НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

- ◆ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- ◆ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
- ◆ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- ◆ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
- ◆ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
- ◆ ИНФОРМАЦИОННО - УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
- ◆ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНФЛИКТОЛОГИЯ
- ◆ АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И БАЗЫ ДАННЫХ

ВЫПУСК №3-4 (25-26), 2021

# **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**Выпуск №3-4 (25-26)**

**Декабрь, 2021**

- **СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И  
ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ**
- **ПРОБЛЕМНО - ОРИЕНТИРОВАННЫЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
- **СИНТЕЗ, АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ  
РЕШЕНИЙ**
- **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ И  
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА**

**ВОРОНЕЖ**

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ВЫХОДИТ ЧЕТЫРЕ РАЗА В ГОД

## НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**Учредитель и издатель:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»  
(394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84)

**Территория распространения** - Российская Федерация

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА:

**Главный редактор** - Д.К. Проскурин, канд. физ.-мат. наук, доц.

**Зам. главного редактора** - Д.В. Сысоев, канд. техн. наук, доц.

**Ответственный секретарь** - Н.В. Акамсина, канд. техн. наук, доц.

### ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Авдеев В.П., д-р техн. наук, проф.(ВГТУ)

Алгазинов Э.К., д-р техн. наук, проф.(ВГУ)

Баркалов С.А., д-р техн. наук, проф.(ВГТУ)

Голиков В.К., канд. техн. наук, доц.(РАП)

Головинский П.А., д-р физ.-мат. наук, проф.(ВГТУ)

Зольников В.К., д-р техн. наук, проф.(ВГЛТУ)

Князева Т.Н., д-р техн. наук, проф.(ВГМУ)

Курипта О.В., канд. техн. наук, доц.(ВГТУ)

Лавлинский В.В., д-р техн. наук, доц.(ВГЛТУ)

Ряжских В.И., д-р техн. наук, проф.(ВГТУ)

Хаустов И.А., д-р техн. наук, проф.(ВУНЦ ВВС ВВА)

Хвостов А.А., д-р техн. наук, проф.(ВУНЦ ВВС ВВА)

Статьи, поступившие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Материалы публикуются в авторской редакции.

12+

© ВГТУ, 2021

Дата выхода в свет 28.12.2021. Формат 60x84/8. Бумага писчая. Усл. печ. л. 19,5. Уч.-изд.л. 17,1.  
Тираж: 500 экз. Заказ № \_\_\_\_\_. Цена свободная.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006, г.Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ  
394006, г.Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84



### СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

<i>Глуценко С.В.</i> О формализации функции полезности в условиях конечного гомеостаза системы .....	6	<i>Glushchenko S.V.</i> On formalization of the use function in the conditions of the intermediate homeostasis of the system .....	6
<i>Николенко С.Д., Сазонова С.А., Дружинина Е.В.</i> Напряженно-деформированное состояние арочных конструкций .....	8	<i>Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Druzhinina E.V.</i> Stress-deformed state of arched structures .....	8
<i>Кононов А.Д., Кононов А.А.</i> К вопросу математического моделирования динамических характеристик мобильных объектов операторным методом .....	13	<i>Kononov A.D., Kononov A.A.</i> To the problem of mathematical modeling of dynamic characteristics of mobile objects by the operator method .....	13
<i>Горин А.Н., Ходырева Н.Е.</i> Определение параметров системы управления электроприводом постоянного тока методом статистических испытаний .....	17	<i>Gorin A.N., Khodyreva N.E.</i> Definition of control system parameters dc electric drive by the method of statistical tests .....	17
<i>Хвостов А.А., Журавлев А.А., Лунашко М.Д.</i> Альтернативный выбор цифровой фотокамеры для оснащения сверхлегких беспилотных летательных аппаратов .....	22	<i>Khvostov A.A., Zhuravlev A.A., Lupashko M.D.</i> Alternative choice of digital camera for equipping ultralight unmanned aircraft .....	22
<i>Сазонова С.А., Мозговой Н.В., Кораблин С.Н.</i> Управление функционированием теплоэнергетических систем .....	25	<i>Sazonova S.A., Mozgovoy N.V., Korablin S.N.</i> Functioning control of heat power systems .....	25

### ПРОБЛЕМНО - ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Журавлева Е.С., Жидко Е.А.</i> Загрязнение мирового океана нефтью как составляющая часть глобальной экологической проблемы .....	29	<i>Zhuravleva E.S., Zhidko E.A.</i> Oil pollution of the world ocean as a component of the global environmental problem .....	29
<i>Будникова И.К., Гусев Д.С.</i> Методы и модели управления проектами .....	33	<i>Budnikova I.K., Gusev D.S.</i> Project management methods and models .....	33
<i>Сазонова С.А., Кораблин С.Н., Колотушкин В.В.</i> Транспортное резервирование теплоэнергетических систем .....	36	<i>Sazonova S.A., Korablin S.N., Kolotushkin V.V.</i> Transportation reservation of heat power systems .....	36
<i>Пробст А.К., Онищенко С.А.</i> Теплотехника в техносферной безопасности .....	40	<i>Probst A.K., Onishchenko S.A.</i> Heat engineering in technosphere safety .....	40
<i>Довбня А.Л., Онищенко С.А.</i> Применение гидравлики для способов и средств пожаротушения .....	47	<i>Dovbnya A.L., Onishchenko S. A.</i> Application of hydraulics for methods and means fire fighting .....	47

<i>Юлдашева М.Б.</i> Психологические аспекты техносферной безопасности .....	54	<i>Yuldasheva M.B.</i> Psychological aspects of technosphere safety .....	54
<i>Пылаева И.Е.</i> Оценка профессиональных рисков в условиях санитарно-эпидемиологической обстановки в России .....	57	<i>Pylaeva I.E.</i> Assessment of occupational risks in the sanitary and epidemiological situation in Russia .....	57
<i>Хромых Е.А., Рязанцев С.В., Козенко И.А.</i> Выбор технологического режима синтеза каучука ДСТ ...	61	<i>Khromykh E.A., Ryazantsev S.V., Kozenko I.A.</i> Selection of the technological mode of DST rubber synthesis .....	61
<i>Сазонова С.А., Сысоев Д.В., Кораблин С.Н.</i> Модель управления теплоэнергетическими системами .....	69	<i>Sazonova S.A., Sysoev D.V., Korablin S.N.</i> Model of control of heat power systems .....	69

### СИНТЕЗ, АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

<i>Николенко С.Д., Сазонова С.А., Венева А.А.</i> Особенности ультразвукового контроля качества сварки металлических конструкций .....	74	<i>Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Venev A.A.</i> Features of ultrasonic quality control of welding metal structures .....	74
<i>Шишкина П.Д., Жидко Е.А.</i> Влияние строительных материалов на экологическую составляющую .....	78	<i>Shishkina P.D., Zhidko E.A.</i> The influence of building materials on the environmental component .....	78
<i>Будникова И.К., Заманов Р.И.</i> Применение интеллектуальных систем для повышения надежности работы распределительных сетей .....	83	<i>Budnikova I.K., Zamanov R.I.</i> Application of intelligent systems for increasing the reliability of distribution networks .....	83
<i>Шипилова Е.А., Нелюбов И.К., Иванов В.Ю.</i> Анализ вероятности поражения авиационной техники, расположенной в защитных сооружениях	86	<i>Shipilova E.A., Nelyubov I.K., Ivanov V.Yu.</i> Analysis of probability of damage to aircraft located in protective structures .....	86
<i>Сазонова С.А., Николенко С.Д., Локтев Е.М.</i> Оценка рейтинговых показателей педагогических кадров военных кафедр .....	90	<i>Sazonova S.A., Nikolenko S.D., Loktev E.M.</i> Assessment of rating indicators of pedagogical personnel of military departments .....	90
<i>Звягинцева А.В., Кульнева В.В., Матюхин Д.И.</i> Вопросы разработки основных положений экологического паспорта части РЭБ .....	94	<i>Zvyagintseva A.V., Kulneva V.V., Matyukhin D.I.</i> Issues of development of the main provisions of the environmental passport of the electronic warfare part .....	94

### ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

<i>Деренко Ю.Н., Онищенко С.А.</i> Гидравлический аварийно-спасательный инструмент для ликвидации чрезвычайных ситуаций .....	99	<i>Derenko Yu.N., Onishchenko S.A.</i> Hydraulic emergency rescue tool for emergency response	99
<i>Николенко С.Д., Сазонова С.А., Асминин В.Ф.</i> Исследование причин аварий грузоподъемных кранов .....	107	<i>Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Asminin V.F.</i> Research causes for crane cranes .....	107
<i>Жуковская В.Н., Жидко Е.А.</i> Декоративно - акустические плиты «Акмигран» .....	111	<i>Zhukovskaya V.N., Zhidko E.A.</i> Decorative acoustic plates «Akmigran» .....	111
<i>Манохин В.Я., Вакаренко В.В., Бибииков Е.А.</i> Ликвидация несанкционированных свалок Воронежской области .....	116	<i>Manokhin V.Ya., Vakarenko V.V., Bibikov E.A.</i> Elimination of unauthorized landfills in the Voronezh region .....	116

<b>Подлипский И.И.</b> Эколого - геологические условия как комплексная характеристика современных геологических объектов сложенных техногенными грунтами .....	121	<b>Podlipskiy I.I.</b> Ecological and geological conditions as a comprehensive characteristic of modern geological objects complicated with man-generic soils .....	121
<b>Сокол А.С., Онищенко С.А.</b> Аварийно - спасательные и другие неотложные работы на системах водоснабжения и канализации в чрезвычайных ситуациях .....	125	<b>Sokol A.S., Onishchenko S.A.</b> Emergency rescue and other urgent work on water supply and sewerage systems in emergency situations ..	125
<b>Сазонова С.А., Николенко С.Д., Епифанов Е.Н.</b> Программная реализация расчета выбросов аварийно химически опасных веществ .....	132	<b>Sazonova S.A., Nikolenko S.D., Epifanov E.N.</b> Software implementation of the calculation of emissions of emergency chemically hazardous substances .....	132
<b>Митько А.В.</b> Основные тенденции развития информационных войн в арктическом пространстве .....	139	<b>Mitko A.V.</b> Main trends in the development of information wars in the arctic .....	139
<b>Манохин В.Я., Кульнева В.В., Бибиков Е.А.</b> Принципы разработки оптимальной схемы обращения с твердыми бытовыми отходами .....	145	<b>Manokhin V.Ya., Kulneva V.V., Bibikov E.A.</b> Principles of developing an optimal scheme for handling solid household waste .....	145
<b>Ивлиева А.А., Валько А.Ф.</b> Интеллектуальный анализ данных для прогнозирования и поддержки принятия решений в системе высших учебных заведений .....	149	<b>Ivlieva A.A., Valko A.F.</b> Intelligent data analysis for forecasting and decision support in the system of higher education institutions .....	149
<b>Кульнева В.В., Лохмачев В.И., Парфенов Н.А.</b> Применение распределенной системы видеонаблюдения для локализации объектов .....	152	<b>Kulneva V.V., Lokhmachev V.I., Parfenov N.A.</b> Application of a distributed video surveillance system to localize objects ....	152
<b>Дмитриев А.Л.</b> Утро космической эры. К 60 - летию космического полета Юрия Гагарина .....	156	<b>Dmitriev A.L.</b> The morning of the space age. To the 60-th anniversary of the space flight of Yuri Gagarin .....	156
<b>Ялалова М.М., Сердюк А.И.</b> Оценка эмиссии загрязняющих веществ с поверхности фторсодержащих электролитов при утилизации автомобильных аккумуляторов .....	163	<b>Yalalova M.M., Serdyuk A.I.</b> Assessment of emissions of pollutants from the surface of fluorine-containing electrolytes in the disposal of automotive batteries .....	163



УДК 303.732

## О ФОРМАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИИ ПОЛЕЗНОСТИ В УСЛОВИЯХ КОНЕЧНОГО ГОМЕОСТАЗА СИСТЕМЫ

С.В. Глущенко

*Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина*

**Аннотация:** в статье показан подход к исследованию функционирования системы в период ее конечного гомеостаза. На основании формализации энергии и работы системы определяются показатели системы

**Ключевые слова:** система, функция полезности, энергия, работа, гомеостаз

## ON FORMALIZATION OF THE USE FUNCTION IN THE CONDITIONS OF THE INTERMEDIATE HOMEOSTASIS OF THE SYSTEM

S.V. Glushchenko

*Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin*

**Abstract:** the article shows an approach to the study of the functioning of the system during the period of its finite homeostasis. Based on the formalization of energy and system performance, the system's indicators are determined

**Keywords:** system, utility function, energy, work, homeostasis

Целесообразно для исследования функционирования системы использовать аппарат факторного анализа. Его применение позволяет получить группу факторов  $f_i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ), количество которых значительно меньше исходного количества критериев. Предлагается такая модель функции полезности [1]:

$$f = \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + \dots + \lambda_k f_k. \quad (1)$$

Энергетический подход к анализу функционирования системы базируется на формализации энергии системы. Формализация кинетической энергии системы предполагает следующие рассуждения. Не ограничивая общности, можно считать, что исследуемая система по аналогии с механической – условно голономная в своей фазовой си-

стеме координат и склерономная, задана в потенциальном поле с помощью обобщенных координат фазового пространства  $f_1, f_2, \dots, f_k$ . Пусть условная точка системы с координатами  $f_i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) в момент времени  $t$  занимает положение, определяемого радиус-вектором  $r = r(f_1, f_2, \dots, f_k)$  [2]. Функцию  $r = r(f_1, f_2, \dots, f_k)$  будем интерпретировать как функцию действия (движения) системы. Целесообразно задавать ее тождественной функции полезности. Тогда, исходя из рассматриваемой задачи оптимизации ее функционирования (основанной на корреляционном и факторном анализе), естественно принять

$$r = \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + \dots + \lambda_k f_k.$$

Скорость ее действия будет

$$v = \sum_{j=1}^k \partial r / \partial f_j \dot{f}_j. \quad (2)$$

Основываясь на этом получена кинетическая энергия системы

$$T = 1/2m \sum_{i,j} \lambda_i \lambda_j \dot{f}_i \dot{f}_j. \quad (3)$$

Далее формализуем потенциальную энергию в фазовом пространстве  $f_1, f_2, \dots, f_k$  в виде формулы:

$$U = m \sum_{i,j} \lambda_j \lambda_i \ddot{f}_j f_i. \quad (4)$$

Особый интерес вызывает определение условий, при которых система пребывает в оптимальном состоянии. Тогда естественно предположить существование открытой области  $D \subset R^k$ , включающей точку равновесия  $N(f_1(T), f_2(T), \dots, f_k(T)) \in D$ . Также естественно предположить, что в области  $D$  на функцию полезности  $f$  наложено условие гладкости. Можно предположить, что в таком стационарном состоянии система будет пребывать некоторое время, и состояние системы в этот период можно считать устойчивым при условии отсутствия внешних воздействий (условно замкнутая система). Тогда для такой системы будет выполняться уравнение Лагранжа [2]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{f}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial f_j} = 0. \quad L = T - U, \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (5)$$

Решая уравнение для периода гомеостаза системы в общем случае, функция действия системы  $r = r(f_1, f_2, \dots, f_k)$  представляется в виде

$$r = \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + \dots + \lambda_k f_k,$$

Окончательно уравнение Лагранжа принимает вид:

$$m \lambda_j \sum_i \lambda_i (2\ddot{f}_i - 1/2\dot{f}_i) = 0. \quad (6)$$

В силу того, что  $m \neq 0, \lambda_j \neq 0$ , а также вследствие линейной независимости  $f_j$  для всех  $j = 1, 2, \dots, k$  выполняется соотношение

$$2\ddot{f}_i - 1/2\dot{f}_i = 0. \quad (7)$$

Решение уравнения

$$f_i = 4C_1 e^{1/4t} + C_2. \quad (8)$$

Данное решение получено, когда фазовое пространство задано уравнением

$$r = \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + \dots + \lambda_k f_k.$$

Будем предполагать, что на этапе гомеостаза отсутствуют внешние воздействия, система условно замкнута, расходует энергию лишь на поддержания равновесия, т.е. на борьбу с энтропией.

Рассмотрим функционирование системы на этапе конечного гомеостаза на временном отрезке  $[t_1, t_2]$ . Известны краевые условия

В этой ситуации задаются следующие краевые условия:

$$f_i(t_1) = A_i, \quad f_i(t_2) = 0, \quad i = 1, \dots, k. \quad (9)$$

где  $t_2$  – неизвестно. Дезинтеграция системы предполагает равенство нулю всех функций  $f_i$ , т.е.  $f_i(t_2) = 0, \quad i = 1, \dots, k$ .

Решаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 4C_1 e^{1/4t_1} + C_2 = A_i, \\ 4C_1 e^{1/4t_2} + C_2 = 0. \end{cases}$$

Определяем константы

$$C_1 = -\frac{A_i}{4(e^{1/4t_2} - e^{1/4t_1})}, \quad C_2 = A_i + \frac{A_i}{e^{1/4t_2} - e^{1/4t_1}}.$$

Значения констант подставляем в (8), получаем выражения для функций  $f_j$ .

$$f_i = -\frac{A_i}{e^{1/4t_2} - e^{1/4t_1}} (e^{1/4t} - e^{1/4t_1}) + A_i, \quad i = 1, \dots, k. \quad (10)$$

Остается найти  $t_2$ . Для этого можно использовать закон сохранения энергии, остаток ресурса системы на момент ее дезинтеграции.

Применение факторного анализа поз-

воляет определить не только группу некоррелирующих факторов  $f_i$ , в как параметров функции полезности, но и принять собственные значения  $\lambda_i$  в качестве коэффициентов этих параметров, приведя, таким образом, в соответствие функцию полезности и функцию поведения системы.

Таким образом, достигается формализация поведения системы на этапе

ее конечного гомеостаза.

### Библиографический список

1. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. - М: Радио и связь, 1981. - 560 с.
2. Коллатц Л. Задачи на собственные значения. - М: Наука, 1968. - 504 с.

### Информация об авторе

Глушченко Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил “Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина” (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: [serjvladimir@rambler.ru](mailto:serjvladimir@rambler.ru)

### Information about the author

Sergey V. Glushchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Military Educational and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Y.A. Gagarin" (394064, Russia, Voronezh, st. Old Bolsheviks, 54A), e-mail: [serjvladimir@rambler.ru](mailto:serjvladimir@rambler.ru)

УДК 627.325.2

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ АРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С.Д. Николенко<sup>1</sup>, С.А. Сазонова<sup>1</sup>, Е.В. Дружинина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный технический университет

<sup>2</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова

**Аннотация:** выявили преимущества арочных конструкций при возведении долговременных складских сооружений. Выполнили статический расчет с использованием программного комплекса «ЛИРА-САПР 2013 R5» склада арочного типа из дисперсно-армированного бетона. Арочную конструкцию рассчитали на вертикальные (собственный вес и снег) и ветровые нагрузки. Выполнена проверка арочного покрытия на прочность. Определили оптимальную высоту поперечного сечения арки

**Ключевые слова:** склад арочного типа, расчет, снеговые нагрузки, ветровые нагрузки, деформация

## STRESS - DEFORMED STATE OF ARCHED STRUCTURES

S.D. Nikolenko<sup>1</sup>, S.A. Sazonova<sup>1</sup>, E.V. Druzhinina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Voronezh state technical University

<sup>2</sup>Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova

**Abstract:** revealed the advantages of arched structures in the construction of long-term storage facilities. A static calculation was performed using the LIRA-SAPR 2013 R5 software package for an arch-type warehouse made of dispersed-reinforced concrete. The arched structure was designed for vertical (dead weight and snow) and wind loads. The check of the arch covering for durability has been carried out. Determined the optimal height of the cross section of the arch

**Keywords:** arch-type warehouse, calculation, snow loads, wind loads, deformation

На стадии пред проектных разработок решается вопрос организации приобъектных складов для временного хранения материалов, конструкций, технологического оборудования в объеме, обеспечивающем непрерывность строительно - монтажных работ на

данном объекте при прерывистом характере поставок материально - технических ресурсов.

Арочную конструкцию рассчитывали на вертикальные (собственный вес и снег) и горизонтальные (ветровые) нагрузки. Расчет выполнен с использованием программного комплекса «ЛИРА-САПР 2013 R5».

Порядок ведения расчета. Выполняется сбор нагрузок. Нагрузки, приходящиеся на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности в соответствии со схемами на рис. 1 и на рис. 2, определяли от собственного веса арки и временной (снеговой и ветровой) нагрузок.

Загружение 1 – собственный вес конструкции. Собственный вес конструкции в ПК «ЛИРА-САПР» задается автоматически с выбором материала сооружения. Наш материал – фибробетон.

Загружение 2 - снеговая нагрузка. Снеговая нагрузка на арки может быть равномерно распределенной по всему пролету или его половинам и зависит от отношения длины пролета к его высоте – l/h.

Расчетное значение снеговой нагрузки S на горизонтальную проекцию покрытия определяются по формуле:

$$S = 0.7 \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g \cdot \gamma_f, \quad (1)$$

где S<sub>g</sub> - расчетное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности

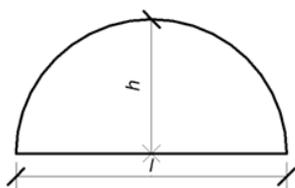


Рис. 1. Схема сооружения

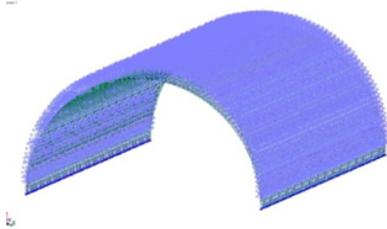


Рис. 2. Схема загружения

Коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие определяются по формуле:

$$\mu_2 = 2 \sin 3\alpha = 2,0$$

Наиболее невыгодным является вариант 2. Получаем:

земли (180 кг/м<sup>2</sup> = 0,180 т/м<sup>2</sup>); μ - коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие; C<sub>e</sub> - коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, c<sub>e</sub> = 1,0; c<sub>t</sub> - термический коэффициент, c<sub>t</sub> = 1,0 ; γ<sub>f</sub> - коэффициент надежности по нагрузке. Получаем:

$$S = 0.7 \cdot \mu \cdot S_g \cdot \gamma_f. \quad (2)$$

Схема распределения снеговой нагрузки представлена на рис. 3.

Для зданий со сводчатыми по очертанию покрытиями коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие определяем по формуле:

$$\mu_1 = \cos 1,5\alpha = 0,71, \quad (3)$$

где α - уклон покрытия, град.

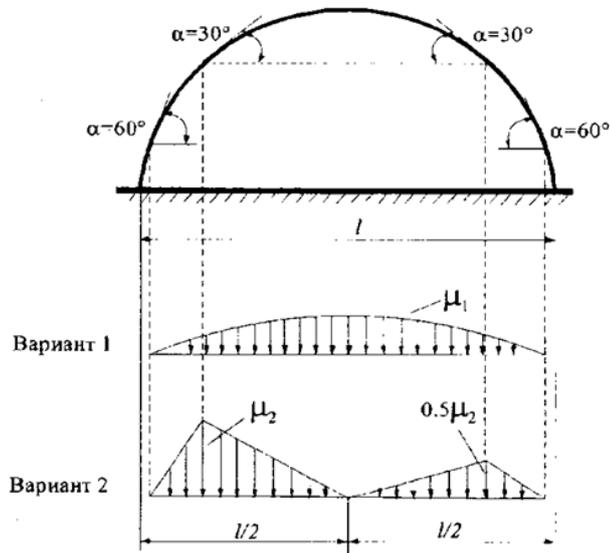


Рис. 3. Схема снеговой нагрузки

$$S = 0.7 \cdot \mu \cdot S_g \cdot \gamma_f ;$$

При μ<sub>2</sub> = 2,0 :

$$S_1 = 0.7 \cdot 2 \cdot 0,146 \cdot 1,1 = 0,286 \text{ т/м} ;$$

При  $0,5 \cdot \mu_2 = 1,0$ :

$$S_1 = 0,7 \cdot 1 \cdot 0,146 \cdot 1,1 = 0,143 \text{ т/м};$$

Загружение 3 - ветровая нагрузка. Ветровая нагрузка  $W$  дается нормами равномерно распределенной по длине верхнего пояса арки. На пологие сегментальные арки она действует в виде ветрового отсоса  $W$  и, как правило, не учитывается в расчете, так как она почти не увеличивает усилий, действующих в сечениях этих арок.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки  $w_m$  в зависимости от эквивалентной высоты  $z_e$  надо поверхностью земли следует определять по формуле:

при  $c_{e1} = 0,65$  напор:

$$w_1 = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c \cdot \gamma_f = 0,026 \text{ т/м} \times 0,5 \cdot 0,65 \cdot 1,1 = 0,009 \text{ т/м}; \quad (5)$$

при  $c_{e3} = -0,4$  отсос:

$$w_2 = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c \cdot \gamma_f = 0,026 \text{ т/м} \times 0,5 \cdot -0,4 \cdot 1,1 = -0,005 \text{ т/м}; \quad (6)$$

$$w_3 = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c \cdot \gamma_f = 0,026 \text{ т/м} \times 0,5 \cdot (-1,1) \cdot 1,1 = -0,016 \text{ т/м}. \quad (7)$$

Загружение 4 - сейсмические воздействия. Сейсмические воздействия могут иметь любое направление в пространстве. Для зданий и сооружений простой геометрической формы расчётные сейсмические нагрузки следует принимать действующими

$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c, \quad (4)$$

где  $w_0$  - нормативное значение ветрового давления составляет  $85 \text{ кг/м}^2$  ( $0,03 \text{ т/м}^2$ ), на 1 п.м конструкции нормативное значение ветрового давления составляет  $0,026 \text{ т/м}$ ;  $k(z_e)$  - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты  $z_e = 2,5 \text{ м}$ ;  $k(2,5) = 0,5$  (принята местность типа В - городские территории, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м);  $c$  - аэродинамический коэффициент ( $c_{e3} = -0,4$ ;  $c_{e1} = 0,65$ ;  $c_{e2} = -1,1$ ).

Получаем следующие давления ветра:

горизонтально в направлении их продольной и поперечной осей. Действие сейсмических нагрузок в указанных направлениях следует учитывать отдельно. Сейсмичность площадки строительства - 6 баллов. Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета по загружениям

Загружения	Величина перемещения вдоль оси:		Усилия в стержнях	
	x, мм	z, мм		
Собственный вес	±0,52	-0,89	-0,04	0,01
Снеговая нагрузка	27,37	-21,78	-0,3	0,19
Ветровая нагрузка	9,31	7,05	0,12	0,05

Проверка арочного покрытия на прочность. Опорные реакции трехшарнирной арки без затяжки, опирающиеся прямо на фундаменты, имеют вертикальные и горизон-

тальные составляющие. Вертикальная опорная реакция арки  $R$  определяем из условия равенства нулю изгибающего момента в противоположном опорном шарнире. Гори-

горизонтальная опорная реакция  $H$ , численно равная распору арки без затяжки, определяем из условия равенства нулю изгибающего момента в коньковом шарнире.

Опорные реакции от двусторонней равномерной нагрузки будут равны сумме реакций от нагрузок на левом и правом полупролетах, т. е.

$$R = ql/2, \tag{8}$$

$$H = ql^2/h, \tag{9}$$

где  $R$  - вертикальная опорная реакция;  $H$  - горизонтальная опорная реакция;  $q$  - сумма реакций от нагрузок;  $l$  - пролет конструкции;  $h$  - высота конструкции.

Усилия в сечениях арок - изгибающие моменты  $M$ , продольные  $N$  и поперечные  $Q$  силы - определяем в зависимости от нагрузок, координат сечений  $x$  и  $y$  и углов наклона  $\alpha$ , касательных к оси в этих сечениях.

Определение опорных реакций и усилий в сечениях удобно производить в одной, например, левой полуарке в следующем порядке. Сначала от снеговой равномерно распределенной и треугольной нагрузки на левом и затем на правом полупролете арки, затем от ветровой нагрузки при ветре слева и справа и далее от подвесного оборудования.

$$\sigma = N / A \cdot M / W_x \leq R_y \cdot \gamma_c, \tag{10}$$

где  $N$  - продольная сила;  $A$  - площадь сечения,  $0,0006\text{м}^2$ ;  $M$  - изгибающий момент;  $R_y$  - расчетное сопротивление фибробетона,  $600\text{МПа} = 61\ 183\ \text{т/м}^2$ ;  $W_x$  - моменты сопротивления сечения,  $0,00003\text{м}^3$ ;  $\gamma_c$  - коэффициент условий работы = 1.

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

По результатам расчетные сочетания усилий составляют:

При высоте поперечного сечения арки - 3 см:

$$1,682/0,0006 \cdot 0,299/0,00003 < 27\ 098\ \text{т/м}^2, \\ 61\ 183\ \text{т/м}^2 < 27\ 098\ \text{т/м}^2.$$

При высоте поперечного сечения арки - 5 см:

$$1,091/0,0006 \cdot 0,30/0,00003 < 18\ 183\ \text{т/м}^2, \\ 61\ 183\ \text{т/м}^2 < 18\ 183\ \text{т/м}^2.$$

При высоте поперечного сечения арки - 7 см:

$$0,843/0,0006 \cdot 0,30/0,00003 < 14\ 050\ \text{т/м}^2, \\ 61\ 183\ \text{т/м}^2 < 14\ 050\ \text{т/м}^2.$$

Условие выполняется во всех вариантах расчетов.

Таблица 2

Усилия напряжений максимально загруженного элемента конструкции

Высота	$N_{max}, \text{т}$	$M, \text{т}\cdot\text{м}$
3 см	- 1,682	0,299
5 см	- 1,091	0,300
7 см	- 0,843	0,320

Подбор сечения арки. Подбор сечений арок производится на действие в них максимальных усилий - изгибающих моментов  $M$ , продольных  $N$  и поперечных  $Q$  сил, при наиболее неблагоприятных сочетаниях расчетных нагрузок.

Подбор сечения производим по максимальным усилиям:  $M_{max}$  и  $N_{соотв.}$ . Оптимальная высота поперечного сечения арки находится:

$$h_{онм} = (1/30 - 1/40)l = (0,36 - 2,75)\ \text{м}.$$

Требуемая высота сечения арки находится из условия устойчивости в плоскости кривизны:  $\lambda = l_0 \div i$ , где  $\lambda = 120$  - предельная гибкость;  $l_0 = 0,58 S$  - расчетная длина элемента;  $i = 0,29 h$  - радиус сечения элемента.

Отсюда

$$h_{mp} = \frac{i}{0,29} = \frac{l_0 / \lambda}{0,29} = \frac{0,07}{0,29} = 0,24\ \text{м}.$$

Проведенный расчет показал, что в сооружениях арочного вида целесообразно применять дисперсное армирование (фибробетон). При этом важным является равномерность распределения фибр по сечению [1]. Это позволит возводить временные сооружения, которые могут выдерживать в том числе и динамические нагрузки. При выполнении работы рассматривались материалы исследований [2-20].

### Библиографический список

1. Nikolenko, S.D. Behaviour of concrete with a disperse reinforcement under dynamic loads / S.D. Nikolenko, E.A. Sushko, S.A. Sazonova, A.A. Odnolko, V.Ya. Manokhin // Magazine of Civil Engineering. - 2017. - № 7 (75). - С. 3-14.
2. Проскурин, Д.К. Сходимость вычислительного процесса при реализации вариационного метода решения краевой задачи гидродинамики / Д.К. Проскурин, Д.В. Сысоев, С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2021. - Т. 17. - № 3. - С. 14-19.
3. Меркулов, А.С. Моделирование процессов, влияющих на качество бетонных покрытий дорог / А.С. Меркулов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 38-44.
4. Николенко, С.Д. Моделирование процесса износа кирпичных зданий / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 44-50.
5. Рогов, Н.Ю. Моделирование процесса обследования железобетонных опор технологических эстакад / Н.Ю. Рогов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. 2021. Т. 14. № 1. С. 68-73.
6. Николенко, С.Д. Моделирование работы конструкций из дисперсно - армированного бетона при знакопеременной динамической нагрузке большой интенсивности / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 3. - С. 36-44.
7. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.
8. Пантелеев, А.И. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.
9. Кузнецова, Л.А. Исследование влияния на прочность при изгибе элементов конструкций армированных металлическими фибрами / Л.А. Кузнецова, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, А.А. Осипов, Н.В. Заложных // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 4. - С. 51-57.
10. Старцев, В.Н. Анализ прочности монолитного перекрытия здания и контроль проектной документации / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 57-63.
11. Старцев, В.Н. Моделирование термонапряженного состояния фундамента и разработка мероприятий по улучшению эксплуатационных свойств бетона / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 64-71.
12. Николенко, С.Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 76-85.
13. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.
14. Жидко, Е.А. Информационная безопасность инновационной России: проблема кадров / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Информация и безопасность. - 2011. - Т.14. - №2. - С.201-208.
15. Жидко, Е.А. Методология и методы системного математического моделирования информационной безопасности хозяйствующего субъекта теоретическими методами / Е.А. Жидко, П.М. Леонов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно - строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2015. - № 2 (6). - С. 15-20.
16. Николенко, С.Д. Сооружение, возведенное на несъемной пневматической опалубке / С.Д. Николенко, Д.А. Казаков // Патент на изобретение RU 2371555 С1, 27.10.2009. Заявка № 2008122797/03 от 05.06.2008.
17. Панов, М.Я. Методология факторного анализа водораспределения и водопотребления / М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.С. Квасов // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2001. - № 5. - С. 82.
18. Рогачев, А.Ф. Лабораторный практикум по технологии программирования: учебное пособие / А.Ф. Рогачев, Ю.Ю. Громов, Ю.С. Сербулов, С.А. Сазонова, И.Н. Корнфельд, А.В. Лемешкин. - Воронеж, 2008.
19. Сазонова, С.А. Расчет смешанным методом статически неопределимых рам с элемен-

тами повышенной жесткости и численная проверка результатов расчетов с помощью метода конечных элементов / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 54-66.  
20. Сазонова, С.А. Моделирование опас-

ных внутренних усилий при расчете смешанным методом статически неопределимых рам со стержнями заданной жесткости / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 44-54.

### Информация об авторах

**Николенько Сергей Дмитриевич** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: [nikolenkoppb1@yandex.ru](mailto:nikolenkoppb1@yandex.ru)

**Сазонова Светлана Анатольевна** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: [Sazonovappb@vgasu.vrn.ru](mailto:Sazonovappb@vgasu.vrn.ru)

**Дружинина Елена Владимировна** – аспирант, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова (394087, Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8), e-mail: [asminin.viktor@yandex.ru](mailto:asminin.viktor@yandex.ru)

### Information about the authors

**Sergey D. Nikolenko**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: [nikolenkoppb1@yandex.ru](mailto:nikolenkoppb1@yandex.ru)

**Svetlana A. Sazonova**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: [Sazonovappb@vgasu.vrn.ru](mailto:Sazonovappb@vgasu.vrn.ru)

**Elena V. Druzhinina**, postgraduate student, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov (394087, Russia, Voronezh, Timiryazeva st., 8), e-mail: [asminin.viktor@yandex.ru](mailto:asminin.viktor@yandex.ru)

УДК 621.396.2.019.4

## К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ОПЕРАТОРНЫМ МЕТОДОМ

А.Д. Кононов<sup>1</sup>, А.А. Кононов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Воронежский государственный технический университет*

<sup>2</sup>*Воронежский государственный университет*

**Аннотация:** рассмотрены некоторые моменты применения операторного метода для математического моделирования динамических характеристик мобильных объектов для случаев поддержания стабильности положения навесного оборудования и создания оптимальных условий работы агрегата в целом, обеспечивающих эффективную экономическую реализацию возможностей машины в конкретных условиях

**Ключевые слова:** системы управления, моделирование, передаточная функция, операторный метод

## TO THE PROBLEM OF MATHEMATICAL MODELING OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF MOBILE OBJECTS BY THE OPERATOR METHOD

A.D. Kononov<sup>1</sup>, A.A. Kononov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Voronezh state technical University*

<sup>2</sup>*Voronezh state University*

**Abstract:** some aspects of the application of the operator method for mathematical modeling of dynamic characteristics of mobile objects are considered for cases of maintaining the stability of the position of attachments and creating optimal operating conditions for the unit as a whole, ensuring effective ergonomic implementation of the capabilities of the machine in specific conditions

**Keywords:** control systems, modeling, transfer function, operator method

Существенное повышение эффективности использования различных мобильных объектов (МО), в качестве которых могут рассматриваться, например, технологические машины строительного, сельскохозяйственного, мелиоративного, лесного и т.д. ком-

плексов, возможно за счет применения систем автоматического управления рабочими процессами [1], при этом наибольшую эффективность можно достичь за счет оперативной коррекции управления рабочими органами или траектории движения в случае дистанционного управления перемещением машин [2-3].

Информационные процессы отслеживания отклонений от заранее заданных траекторий в системах управления перемещением МО с целью внесения коррекции движения рассмотрены в [4-6]. При этом необходимо учитывать особенности передачи и обработки информации [7-9], некоторые из которых наглядно проявляются и описаны в весьма разнообразных областях распространения волн [10-11].

Для многих технологических машин сельскохозяйственного, мелиоративного, лесоустроительного, дорожно-строительного комплекса при отсутствии корреляционной связи между различными воздействиями среды на мобильный объект (МО) можно воспользоваться на этапе первого приближения вариантами линейной модели, представленными на рис. 1.

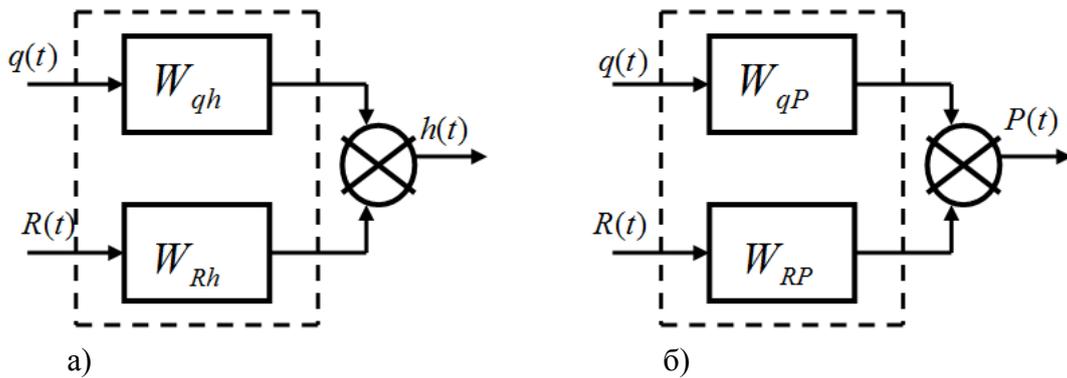


Рис. 1. Возможные варианты модели МО

В данном случае модель представляет собой две независимые системы, каждая из которых имеет два входа – входные воздействия  $g(t)$  и  $R(t)$  (например, микропрофиль поверхности поля и сопротивление почвы) и один выход –  $h(t)$  или  $P(t)$  (например, заглубление рабочего органа или тяговое сопротивление). Для таких систем запишем

$$h(t) = W_{gh}[g(t)] + W_{Rh}[R(t)], \quad (1)$$

$$P(t) = W_{qP}[q(t)] + W_{RP}[R(t)], \quad (2)$$

где  $W_{gh}$ ,  $W_{Rh}$ ,  $W_{qP}$ ,  $W_{RP}$  – соответствующие операторы рассматриваемых систем.

Если автотракторный агрегат автоматизируется с целью поддержания, например, стабильности положения и хода навесного пропашного оборудования (плуг, подъемник,

культиватор, рабочий орган многоковшового экскаватора для создания противопожарных разделительных траншей в лесном массиве или сельскохозяйственных угодьях), то достаточно рассмотреть модель рис. а). Если же задача автоматизации МО заключается в создании оптимальных условий работы агрегата в целом, обеспечивающих эффективную экономическую реализацию возможностей машины в конкретных условиях, то необходимо учитывать обе модели рис. а) и рис. б).

Для начала исследований рассмотрим задачу автоматизации МО применительно к модели, представленной на рис. а). Если в пределах конкретного рабочего поля входные воздействия  $g(t)$  и  $R(t)$  представлены в виде случайных стационарных процессов [12-13], то выражение (1) запишется в виде

$$S_h(\omega) = |W_{hq}[i\omega]|^2 S_q(\omega) + |W_{hR}[i\omega]|^2 S_R(\omega), \quad (3)$$

где  $S_h(\omega)$  – спектральная плотность процесса  $h(t)$ ;  $S_q(\omega)$ ,  $S_R(\omega)$  – спектральные плотности входных воздействий  $q(t)$  и  $R(t)$ ;  $|W_{hq}[i\omega]|^2$ ,  $|W_{hR}[i\omega]|^2$  – квадраты модулей соответствующих передаточных функций.

Модули указанных передаточных функций могут быть найдены из рассмотре-

$$\begin{aligned} D_1(p)Z_2 + K_1D_2(p)Z_1 + K_2D_3(p)\varphi_3 &= q_1(p); \\ D_4(p)Z_2 - K'_1D_5(p)Z_1 + K'_2D_6(p)\varphi_3 &= q_2(p); \\ K_3D_7(p)Z_2 + K'_3D_8(p)Z_1 + D_9(p)\varphi_3 &= R(p); \end{aligned} \tag{4}$$

где  $q_1, q_2$  – координаты микропрофиля поверхности грунта под передними и задними осями трактора;  $R(p)$  – функция возмущения со стороны навесного орудия (сопротивление грунта);  $D_i(p)$  – дифференциальные полиномы;  $K_i, K'_i$  – масштабные коэффициенты;  $Z_1, Z_2, \varphi_3$  – обобщенные координаты системы (линейные вертикальные колебания передней и задней осей технологической машины и угловые колебания рабочего органа относительно самого агрегата);

ния уравнений движения МО в продольной плоскости. Например, для навесного оборудования технологической машины с колесным движителем при учете упругих и демпфирующих свойств его опор уравнения движения могут быть описаны системой дифференциальных уравнений с использованием операторного метода

$q_2(p) = e^{-p\tau} \cdot q_1(p)$ ,  $p$  – комплексная переменная;  $\tau = \frac{L}{v}$ ,  $\tau$  – временной интервал между давлениями передней и задней осей МО на фиксированную точку рабочей поверхности;  $v$  – скорость движения трактора;  $L$  – база МО.

Соответственно, квадраты модулей соответствующих передаточных функций [14] могут быть представлены в виде следующих выражений

$$|W_{hq}(i\omega)|^2 = \frac{a_1\omega^{10} + a_2\omega^8 + a_3\omega^6 + a_4\omega^4 + a_5\omega^2 + a_6}{a_7\omega^{12} + a_8\omega^{10} + a_9\omega^8 + a_{10}\omega^6 + a_{11}\omega^4 + a_{12}\omega^2 + a_{13}}, \tag{5}$$

$$|W_{hR}(i\omega)|^2 = \frac{b_1\omega^8 + b_2\omega^6 + b_3\omega^4 + b_4\omega^2 + b_5}{b_6\omega^{12} + b_7\omega^{10} + b_8\omega^8 + b_9\omega^6 + b_{10}\omega^4 + b_{11}\omega^2 + b_{12}}, \tag{6}$$

где  $a_i, b_i$  – коэффициенты, зависящие от скорости движения МО, весовых и геометрических, упругих и демпфирующих параметров, используемых в моделировании для конкретной машины.

Взаимодействие навесного оборудования с грунтом может быть некоторым образом представлено формулой для дисперсии глубины разработки

$$D_h = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_h(\omega) d\omega. \tag{7}$$

В итоге, если для каждого конкретного

вида работ (в строительстве, сельском хозяйстве, лесоустроительных мероприятиях, мелиорации и т.п.) брать наиболее отвечающие ситуации описания физико-механических свойств грунта  $R(t)$  и микропрофиля статистически шероховатой рабочей поверхности  $q(t)$ , приведенные выше исследования возможностей моделирования помогут добиться оперативной коррекции управления рабочими органами или траектории движения для случаев дистанционного управления перемещением МО.

**Библиографический список**

1. Кононов А.А. Развитие научных основ повышения эффективности управления рабочими процессами землеройно-транспортных машин: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.04 / Кононов А.А.; Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. – Воронеж, 2007. – 36 с.

2. Кононов, А.Д. Разработка системы дистанционного управления группой строительных и дорожных машин / Кононов А.Д., Кононов А.А., Гильмутдинов В.И., Иванов С.А. // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура, 2020. – №3(14). – С. 79 – 86.

3. Кононов А.Д. К вопросу программного управления мобильными объектами с обработкой сигналов системы пространственной фильтрации / Кононов А.Д., Кононов А.А., Варданян Н.А. // Материалы XIII Международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Воронеж, 2013. – Т.2. – С.175– 179.

4. Кононов А.Д. Информационные технологии применения фазоразностных навигационных систем для управления движением группы мобильных объектов / Кононов А.Д., Кононов А.А. // Вестник ВГУ, Серия «Системный анализ и информационные технологии», 2017. – № 2. – С. 46 – 50.

5. Кононов А.Д. Построение оптического устройства для выделения траекторий движения в системах дистанционного управления рабочими агрегатами // Научно - технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно - практической конференции: в 3т. – Минск, 2011. –Т.1. –С. 118-123.

6. Кононов А.Д. Исследование характера ослабления информационного сигнала в канале радиопередачи технологическими машинами дорожно-строительного комплекса / Кононов А.Д., Кононов А.А., Гильмутдинов В.И., Иванов С.А. // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – №1(12). – С. 77 – 88.

7. Гильмутдинов В.И. Система эффективного интерфейса исходных данных с вычисли-

тельным устройством / Гильмутдинов В.И., Кононов А.А. // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2018. – № 3(13). – С. 6 – 10.

8. Гильмутдинов В.И. Определение энтропии принимаемого двумерного сигнала с неравномерным распределением ортогонально-поляризованных компонент / Гильмутдинов В.И., Кононов А.А. // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2019. – № 3–4(17–18). – С. 36 – 40.

9. Гильмутдинов В.И. К вопросу использования пространственно - временных характеристик сигнала в системах передачи информации через магнитоактивную среду / Гильмутдинов В.И., Кононов А.А. // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах – 2019. – № 1(15). – С. 7 – 11.

10. Бобрешов А.М. Оценка электрофизических параметров диэлектриков для трехмерной печати / Бобрешов А.М., Жевнеров К.С., Коровченко И.С., Кононов А.А., Смусева К.В., Усков Г.К. // Сборник трудов XXVI Международной научно - технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». В 6-ти томах. – Воронеж, 2020. – С.137–143.

11. Бобрешов А.М. Аналитическая модель измерительной волноводной линии для оценки электрофизических параметров диэлектрических материалов / Бобрешов А.М., Кононов А.А., Корчагин Ю.Э., Смусева К.В., Усков Г.К. // Сборник трудов XXVII Международной научно - технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». В 4-ти томах. – Воронеж, 2021. – Т.3. – С.125–131.

12. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – М.: Колос, 1981. – 382 с.

13. Барский И.Б. Динамика трактора / Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. – М.: Машиностроение, 1973. – 281 с.

14. Уланов Г.М. Статические и информационные вопросы управления по возмущению. – М.: Наука, 1970. – 256 с.

**Информация об авторах**

**Кононов Александр Давыдович** – кандидат физико-математических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: sovet\_femit@mail.ru

**Кононов Александр Андреевич** – студент, Воронежский государственный университет (394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1), e-mail: kniga126@mail.ru

**Information about the authors**

**Aleksandr D. Kononov**, candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: so-vet\_femit@mail.ru

**Aleksandr A. Kononov**, student, Voronezh state University (1, Universitetskaya sq., Voronezh, 394018, Russia), e-mail: kniga126@mail.ru

УДК 681.5.033:004.94

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

А.Н. Горин, Н.Е. Ходырева

*Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина*

**Аннотация:** рассмотрено применение Matlab+Simulink для определения параметров системы подчиненного управления электроприводом постоянного тока. Модель динамики электропривода и системы управления реализованы в Simulink. При каждой реализации модели со случайными параметрами управляющих устройств оценивается значение обобщенного показателя (функционала). На основе множества испытаний определяются параметры управляющих устройств, обеспечивающих минимум обобщенного показателя

**Ключевые слова:** электропривод постоянного тока, система управления, модель динамики, статистические испытания, Matlab+Simulink

## DEFINITION OF CONTROL SYSTEM PARAMETERS DC ELECTRIC DRIVE BY THE METHOD OF STATISTICAL TESTS

A.N. Gorin, N.E. Khodyreva

*Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin*

**Abstract:** the application of Matlab + Simulink for determining the parameters of the subordinate control system of a DC electric drive is considered. The dynamics model of the electric drive and control system is implemented in Simulink. For each implementation of the model with random parameters of control devices, the value of the generalized indicator (functional) is estimated. On the basis of a variety of tests, the parameters of control devices are determined that provide a minimum of a generalized indicator

**Keywords:** DC electric drive, control system, dynamics model, statistical tests, Matlab + Simulink

**Введение.** Системы управления электроприводами постоянного тока строятся как системы подчиненного управления, при этом во внешнем контуре из-за особенностей объекта управления применяется пропорциональный регулятор скорости, т. е. в системе изначально предполагается наличие статической ошибки [1, 2]. Как правило, этапы расчета параметров управляющих устройств с использованием того или метода и анализ качества функционирования системы управления путем построения переходных процессов выполняются последовательно [1-3]. Достаточно высокий уровень развития современных программных средств для решения сложных вычислительных задач и моделирования, например Matlab+Simulink, позволяет объединить оба этапа [4].

**Постановка задачи.** В статье ставится задача разработки в Simulink динамической модели системы управления электроприводом постоянного тока и формирования в

Matlab программы поиска параметров управляющих устройств, минимизирующих обобщенный показатель качества функционирования системы.

**Схема решения задачи.** Обобщенная схема решения задачи представлена на рис. 1.

Модель динамики строится в Simulink, при этом параметры модели задаются не числовыми значениями, а именами.

Значения именованные параметры получают в программе Matlab. В этой же программе выполняется планирование экспериментов на модели (задание случайных значений параметров управляющих устройств), вычисление значения обобщенного показателя качества функционирования системы управления для каждой реализации модели и поиск параметров управляющих устройств, обеспечивающих минимальное значение обобщенного показателя.

**Подход к построению динамической модели.** При моделировании процессов в

электроприводе постоянного тока с независимым возбуждением используем детализированную структурную схему объекта, в которой переменные состояния имеют физический смысл, т.е. являются сигналами в раз-

личных точках схемы [1].

Для рассматриваемого объекта детализированная структурная схема объекта без учета системы регулирования представлена на рис. 2.

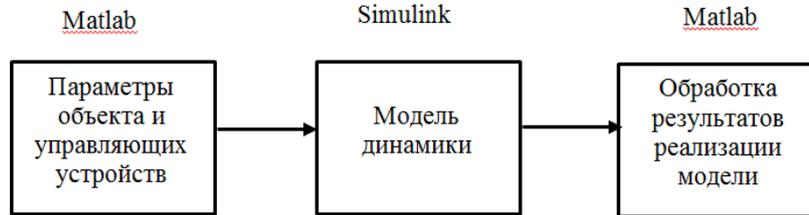


Рис. 1. Общая схема решения задачи

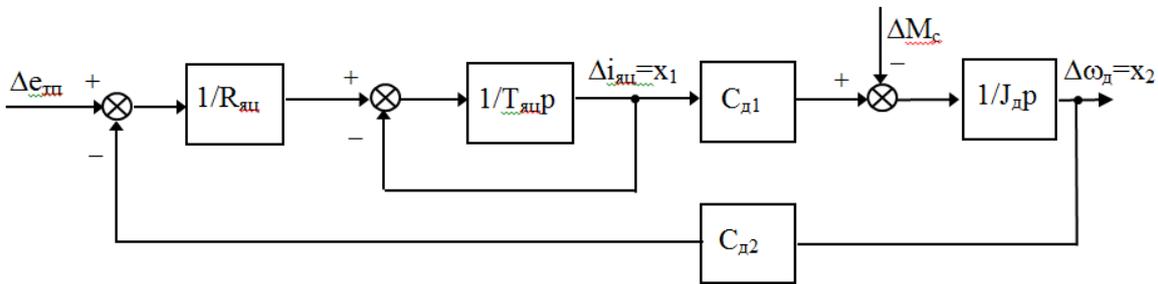


Рис. 2. Детализированная структурная схема электропривода постоянного тока

На рис. 2 приняты следующие обозначения:

$\Delta i_{яц} = x_1$  – ток якорной цепи;  $\Delta \omega_{д} = x_2$  – скорость вращения двигателя;  $\Delta \epsilon_{тп}$  – выходной сигнал регулятора тока (управляющее воздействие);  $\Delta M_c$  – изменение момента на валу двигателя (возмущающее воздействие);  $T_{яц} = 0,05$  с – постоянная времени якорной цепи двигателя;  $R_{яц} = 2,6$  Ом – активное сопротивление якорной цепи;  $C_{д1} = 2$  Н·м/А,

$C_{д2} = 2$  В·с/рад – конструктивные параметры двигателя;  $J_{д} = 0,115$  кг·м<sup>2</sup> – момент инерции двигателя совместно с моментом инерции исполнительного органа, приведенным к валу двигателя.

Числовые значения параметров объекта взяты из [1].

Из рис. 2 легко может быть получена математическая модель электропривода в следующем виде, где  $p$  – комплексная переменная:

$$\Delta i_{яц}(p) = \frac{p}{R_{яц} T_{яц} p^2 + R_{яц} p + \frac{C_{д1} C_{д2}}{J_{д}}} \Delta \epsilon_{тп}(p),$$

$$\Delta \omega_{д}(p) = \frac{C_{д1} C_{д2}}{J_{д}} \Delta i_{яц}(p) - \frac{1}{J_{д} p} \Delta M_c(p).$$

В промышленных электроприводах переменная состояния  $x_1$ , представляющая ток якорной цепи, и переменная  $x_2$ , представляющая скорость вращения двигателя, регулируются с помощью автоматических

устройств.

Для уменьшения влияния изменений момента нагрузки на скорость вращения построим подчиненную систему управления, в которой внутренний контур представляет

собой пропорционально - интегральный регулятор тока якорной цепи, внешний – пропорциональный регулятор скорости (рис. 3).

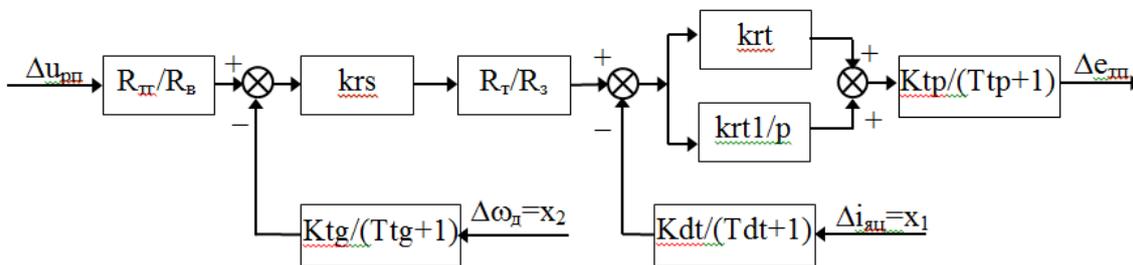


Рис. 3. Структурная схема системы регулирования скорости

На рис. 3 приняты следующие обозначения:

$\Delta u_{ДП}$  – выходной сигнал регулятора положения;  $K_{dt}=1,5$  В/А,  $K_{tg}=1$  В·с/рад,  $K_{tp}=26$  – коэффициенты передачи датчика тока (ДТ), тахогенератора (ТГ) и тиристорного преобразователя (ТП);  $R_{ТГ}=R_{Б}=R_{Т}=R_{З}=10$  кОм – резисторы на входах регуляторов скорости и тока;  $T_{dt}=0,002$  с,  $T_{tg}=0,01$  с,  $T_{tp}=0,003$  с – постоянные времени, характеризующие инерционности ДТ, ТГ и ТП.

Модель динамики электропривода с системой управления, построенная в Simulink на основе рис. 3, представлена на рис. 4.

Модель регулятора тока и тиристорного преобразователя оформлена в виде подсистемы Subsystem и представлена на рис. 5.

Передача данных, характеризующих переходный процесс, в рабочее пространство MatLab обеспечивается включением в модель блока To Workspace из библиотеки Sinks.

В рабочую область Workspace среды MatLab (в работе использована версия 15) передается массив временных отсчетов Time() и переходного процесса Data().

Программный код Matlab представлен в листинге 1. Открытие и запуск модели Simulink, вычисление и анализ обобщенного показателя качества функционирования системы управления выполняются в цикле.

В качестве обобщенного показателя качества использован интеграл от абсолютного отклонения скорости электропривода от установившегося значения. Вычисление интеграла выполняется методом трапеций.

Открытие модели Simulink выполняется оператором

```
open('electroprivod_control.mdl'),
```

а запуск модели на выполнение – оператором

```
sim('electroprivod_control.mdl').
```

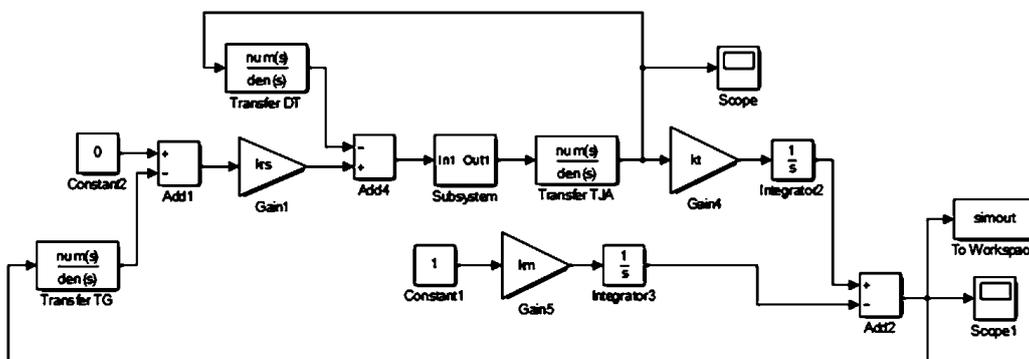


Рис. 4. Модель электропривода с системой управления

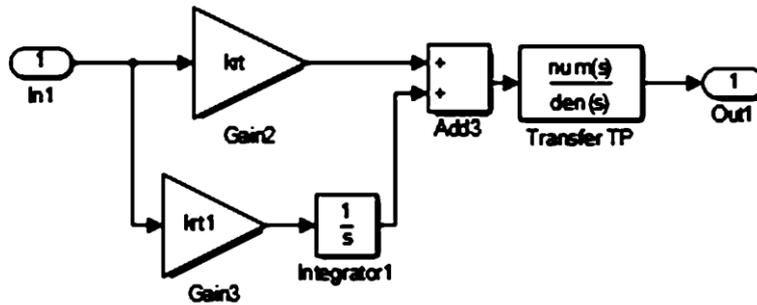


Рис. 5. Модель регулятора тока и тиристорного преобразователя

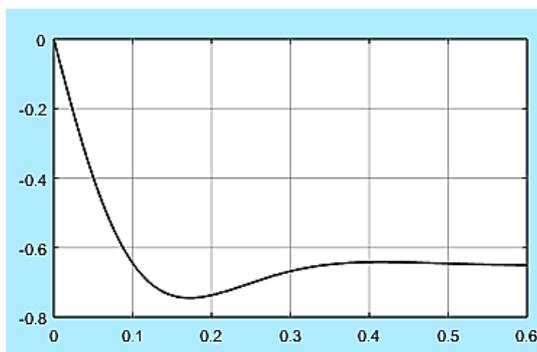
Листинг 1

Задание параметров модели динамики и статистические испытания модели

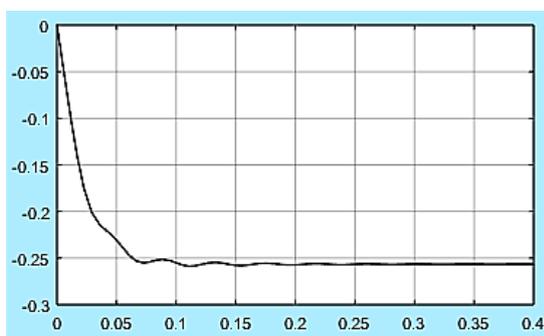
```

N=200; %Число испытаний модели системы управления
%Параметры электропривода
T=0.05;R=2.6;k1=2;k2=2;J=0.115;
%Параметры модели электропривода
z2=T*R; z1=R; z0=k1*k2/J;
nmr=[1 0]; dnmr=[z2 z1 z0];
nmr1=[k2/J]; dnmr1=dnmr;
kt=k1/J; km=1/J;
nmr2=[-R*T/J -R/J];
dnmr2=dnmr;
%Параметры измерительно-исполнительной части системы управления
Kdt=1.5;Tdt=0.002;Ktp=26;Ttp=0.003;Ktg=1;Ttg=0.01;
ndt=[Kdt]; ddt=[Tdt 1];
ntp=[Ktp]; dtp=[Ttp 1];
ntg=[Ktg]; dtg=[Ttg 1];
%Граничные значения параметров регуляторов
krm=0.1; krb=0.5; Tim=0.01; Tib=0.1;krsm=0.2; krsb=3;
intmin=1e8;
for i=1:1:N,
    krt=random('unif',krm,krb); krt1=1/random('unif',Tim,Tib);
    krs=random('unif',krsm,krsb);
    open('electroprivod_control.mdl');
    sim('electroprivod_control.mdl');
    d=size(tout); integral=0;
    for j=2:1:d(1),...
        p1=abs(simout.Data(j))+abs(simout.Data(j-1));
        p2=simout.Time(j)-simout.Time(j-1);
        integral=integral+p1*p2;
    end;
    if (integral<intmin)
        intmin=integral; krz=krt; Tiz=1/krt1; krsz=krs;ii=i;
    end;
end;
krt=krz; krt1=1/Tiz; krs=krsz;
open('electroprivod_control.mdl');
sim('electroprivod_control.mdl');
intmin,krz,Tiz,krsz,ii
    
```

На рис. 6 приведены графики изменения скорости электропривода при единичном ступенчатом возмущении со стороны момента на валу электропривода при отсутствии и наличии системы управления.



а) без системы управления



б) с системой управления

Рис. 6. Графики переходных процессов при единичном изменении момента

Из графиков, представленных на рис. 6, следует, что при возмущении по нагрузке и наличии системы регулирования скорости максимальное отклонение скорости от номинальной в 3 раза меньше, чем в нерегулируемом электроприводе, а установившееся отклонение меньше приблизительно в 2,5

раза.

**Заключение.** Разработанная модель регулируемого электропривода позволяет определить оптимальные значения параметров управляющих устройств и построить графики переходных процессов в системе. Анализ переходных процессов приводит к необходимости ограничения коэффициента передачи регулятора скорости из-за наличия внутренней обратной связи в объекте управления. Увеличение коэффициента передачи позволяет уменьшить статическую ошибку, но процесс приобретает колебательный характер.

Модель может быть легко адаптирована для расчетов параметров управляющих устройств электроприводов с другими значениями конструктивных параметров.

#### Библиографический список

1. Башарин А.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ: Учеб. пособие для вузов /А.В. Башарин, Ю.В. Постников. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 512 с.
2. Сабинин Ю.А. Электромашинные устройства автоматики: Учебник для вузов / Ю.А. Сабинин. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 408 с.
3. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.
4. Литвиненко А. М., Афанасьевский Л. Б., Горин А. Н., Чурсин М. А. Определение параметров управляющих устройств в сложных системах управления с использованием компьютерного моделирования в среде Matlab+Simulink / А. М. Литвиненко [и др.] // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. – 2019. – Том 15. – № 3 – С. 16-23.

#### Информация об авторах

**Горин Александр Николаевич** – кандидат технических наук, старший преподаватель, ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а), e-mail: algorin.algoral@mail.ru

**Ходырева Наталья Евгеньевна** – инженер, ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а), e-mail: x.nat2021@mail.ru

#### Information about the authors

**Alexander N. Gorin**, Ph.D of Engineering Sciences. Senior Lecturer, Military Educational and Scientific Center of the Air Force "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh) (394064, Russia), e-mail: algorin.algoral@mail.ru

**Natalya E. Khodyreva**, Engineer, Military Educational and Scientific Center of the Air Force "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh) (394064, Russia), e-mail: x.nat2021@mail.ru

УДК 528.71

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВЫБОР ЦИФРОВОЙ ФОТОКАМЕРЫ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ СВЕРХЛЕГКИХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А.А. Хвостов<sup>1</sup>, А.А. Журавлев<sup>2</sup>, М.Д. Лупашко<sup>2</sup><sup>1</sup>*Воронежский государственный технический университет*<sup>2</sup>*Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина*

**Аннотация:** рассматриваются математические аспекты альтернативного выбора цифровой фотокамеры для проведения аэрофотосъемочных работ со сверхлегких беспилотных летательных аппаратов. Выбор фотокамеры производится на основании обобщенного критерия оптимизации, который является сверткой частных показателей, конфликтующих друг с другом и имеющих разномасштабность и разнонаправленность

**Ключевые слова:** беспилотно-пилотируемый летательный аппарат, фотокамера, аэрофотосъемка, оптимизация, весовой коэффициент

## ALTERNATIVE CHOICE OF DIGITAL CAMERA FOR EQUIPPING ULTRALIGHT UNMANNED AIRCRAFT

A.A. Khvostov<sup>1</sup>, A.A. Zhuravlev<sup>2</sup>, M.D. Lupashko<sup>2</sup><sup>1</sup>*Voronezh State Technical University*<sup>2</sup>*Air Force Academy N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin*

**Abstract:** the mathematical aspects of the alternative choice of a digital camera for aerial photography from ultralight unmanned aerial vehicles are considered. The choice of the camera is made on the basis of a generalized optimization criterion, which is a convolution of particular indicators that conflict with each other and have different scales and different directions

**Keywords:** free of charge-manned aircraft, camera, aerial photography, optimization, weight factor

При создании аэрофотосъемочных комплексов на базе сверхлегких беспилотных летательных аппаратов (СБПЛА) одной из важнейших задач является выбор аэрофотосъемочной аппаратуры массой не более 0,5 кг [1, 2]. Определяющими параметрами цифровой фотокамер, при этом, являются: масса камеры, светосила объектива, размеры матрицы, физические размеры пикселя, разрешающая способность снимков, угол захвата, фокусное расстояние.

Анализ литературных данных [1 – 3] показывает, что выбор цифровой фотокамеры для создания аэрофотосъемочного комплекса на базе СБПЛА представляет собой многокритериальную задачу оптимизации, которая сопряжена с выбором фотокамеры, обладающей наилучшим набором технических характеристик (частных критериев оптимизации).

Особенностями данной задачи оптимизации являются:

1) многокритериальность – выбор фотокамеры проводится по нескольким част-

ным критериям оптимизации;

2) равнозначность критериев – все критерии оптимизации по степени важности являются равнозначными и нельзя говорить о превосходстве какого-либо одного критерия над всеми остальными;

3) разномасштабность критериев – характеристики фотокамер измеряются в различных единицах и варьируются в различных диапазонах;

4) разнонаправленность критериев – все критерии различаются по желаемому уровню (минимальное или максимальное значение);

5) конфликт критериев – несоответствие между желаемыми уровнями критериев для каждой из фотокамер.

В качестве возможных альтернатив (фотокамер) ( $A_r$ ,  $r = \overline{1, R}$ , где  $r$  – порядковый номер альтернативы;  $R$  – количество альтернатив,  $R = 7$ ) рассмотрим наиболее распространенные цифровые фотокамеры ведущих производителей, представленных на отечественном рынке (табл. 1).

В качестве частных критериев оптими-

зации ( $f_i(A_r)$ ,  $i = \overline{1, K}$ , где  $i$  – порядковый номер частного критерия оптимизации,  $K$  – количество частных критериев оптимизации,  $K = 4$ ) приняты следующие технические характеристики фотокамер:  $f_1(A_r)$  – масса фотокамеры, г;  $f_2(A_r)$  – светосила объектива;  $f_3(A_r)$  – физический размер пикселя, мм;

$f_4(A_r)$  – количество снимков на 1 км<sup>2</sup> для создания фотоплана масштаба 1:2000. Частные критерии оптимизации  $f_i(A_r)$ ,  $i = 1, 2, 4$ , рассматриваются как минимизируемые, а критерий  $f_i(A_r)$ ,  $i = 3$  – максимизируемый.

Таблица 1

Исходные данные и результаты альтернативного выбора цифровой фотокамеры для оснащения СБПЛА

Альтернатива	Марка фотокамеры	Масса камеры		Светосила объектива		Физический размер пикселя		Кол-во снимков на 1 км. кв		Обобщенный критерий F
		$f_1(A_r)$	$\tilde{f}_1(A_r)$	$f_2(A_r)$	$\tilde{f}_2(A_r)$	$f_3(A_r)$	$\tilde{f}_3(A_r)$	$f_4(A_r)$	$\tilde{f}_4(A_r)$	
$A_1$	Samsung EX1	356	0,988	1,8	0,642	0,0022	0,431	194	1,0	-0,550
$A_2$	Olympus E-P1	335	0,930	2,8	1,0	0,0043	0,843	99	0,510	-0,399
$A_3$	Canon PowerShot S95	170	0,472	2,0	0,714	0,0022	0,431	152	0,783	-0,384
$A_4$	Nikon P7000	360	1,0	2,8	1,0	0,0022	0,431	152	0,783	-0,588
$A_5$	Panasonic DMC-XL5	231	0,641	2,0	0,714	0,0023	0,450	194	1,0	-0,476
$A_6$	Sony NEX5	297	0,825	2,8	1,0	0,0051	1,0	107	0,551	-0,344
$A_7$	Samsung NX100	282	0,783	2,8	1,0	0,0051	1,0	83	0,427	-0,302

В качестве обобщенного критерия оптимизации используется линейная свертка [4]

$$F(A_r) = \sum_{i=1}^K \alpha_i \tilde{f}_i(A_r), \quad (1)$$

где  $\alpha_i$  – весовой коэффициент ( $0 \leq \alpha_i \leq 1$ ), удовлетворяющий условию нормировки  $\sum_{i=1}^K \alpha_i = 1$ ;  $\tilde{f}_i(A_r)$  – нормированное значение частного критерия оптимизации

$$\tilde{f}_i(A_r) = \frac{f_i(A_r)}{\max_{1 \leq r \leq R} f_i(A_r)}. \quad (2)$$

Нормированные значения частных критериев оптимизации  $\tilde{f}_i(A_r)$  представлены в табл. 1. Поскольку установить приоритет по важности для каждого частного критерия оптимизации затруднительно, то весовые коэффициенты приняты равными друг другу  $\alpha_i = 0,25$ . При вычислении обобщенного критерия оптимизации  $F(A_r)$  для минимизируемых критериев  $f_i(A_r)$ ,  $i = 1, 2, 4$ , весовые коэффициенты  $\alpha_i$  приняты со знаком «-»; для максимизируемого критерия  $f_i(A_r)$ ,  $i = 3$ , коэффициент  $\alpha_i$  принят со знаком «+». Результаты вычислений  $F(A_r)$  для каждой

альтернативы представлены в табл. 1.

В качестве оптимальной альтернативы выбирается альтернатива, обеспечивающая максимальное значение обобщенного критерия

$$F(A_r^*) = \max_{1 \leq r \leq R} \left( \sum_{i=1}^K \alpha_i \tilde{f}_i(A_r) \right). \quad (3)$$

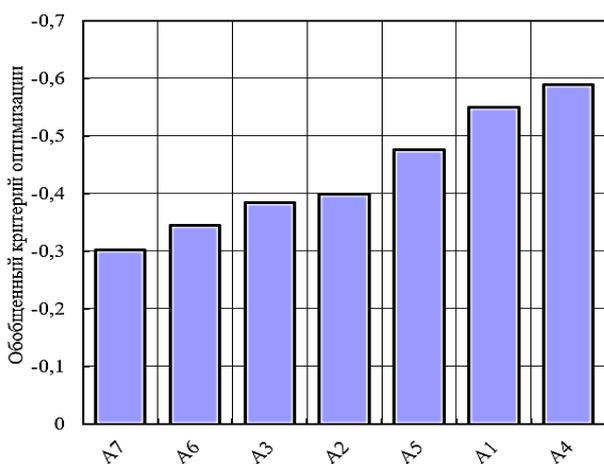


Рис. 1. Ранжирование цифровых Фотокамер по величине обобщенного критерия оптимизации

Ранжирование альтернатив по обобщенному критерию оптимизации (1)  $A_7 \succ A_6 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_5 \succ A_1 \succ A_4$  (рис. 1) показывает, что согласно условию (3), наиболее предпочтительной является альтернатива  $A_7$  (цифровая камера Samsung NX100) для которой обобщенный критерий имеет наибольшее значение  $F(A_7^*) = -0,302$  из всех имеющихся (см. табл. 1).

В том случае, если частные критерии характеризуются различной важностью (в сравнении друг с другом), то учет приори-

тетов частных критериев достигается путем выбора специальным образом весовых коэффициентов, входящих в аддитивный критерий оптимизации (1). Для этого можно использовать экспертное оценивание, методы парных сравнений, методы, базирующиеся на аналитической взаимосвязи показателей предпочтения критериев, и методы, основанные на формальном подходе [5].

### Библиографический список

1. Раков Д.Н. Выбор цифрового неметрического фотоаппарата для беспилотного аэрофотосъемочного комплекса / Д.Н. Раков, В.Н. Никитин // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. Науч. Конгр. «Гео-Сибирь 2012»: сб. Молодых ученых СГГА (Новосибирск, 10 – 20 апреля 2012 г.) – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 27 – 36.
2. Костюк А.С. Особенности аэрофотосъемки со сверхлегких беспилотных летательных аппаратов // Омский научный вестник, 2017. – №1 (104). – С. 236 – 240.
3. Хвостов А.А. Многокритериальный выбор фотокамеры для проведения аэрофотосъемки со сверхлегких беспилотных летательных аппаратов / А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, А.А. Богер, Е.А. Журавлев // Вестник Воронежского института ФСИИ России, 2019. – № 3. – С. 125 – 131.
4. Аристова Е.М. Выбор наиболее эффективного места работы / Е.М. Аристова // Сб. тр. Международной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики». – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – С. 16 – 18.
5. Постников В.М., Спиридонов С.Б. Методы выбора весовых коэффициентов локальных критериев // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Электрон. журн, – 2015. – № 6. – С. 267 – 287. DOI: 10.7463/0615.0780334.

### Информация об авторах

**Хвостов Анатолий Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет (394026, Россия, г. Воронеж, 20-летия Октября, 84), e-mail: Khvtol1974@yandex.ru

**Журавлев Алексей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а), e-mail: zhuraa1@rambler.ru

**Лупашко Максим Дмитриевич** – курсант, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а), тел.: 8-473-244-7613

### Information about the authors

**Anatoliy A. Khvostov** – Doctor of technical Sciences, professor, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Khvtol1974@yandex.ru

**Alexey A. Zhuravlev** – Candidate of technical Sciences, Associate professor, Air force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin (394064, Russia, Voronezh, St. Old Bolsheviks, 54A), e-mail: zhuraa1@rambler.ru

**Maxim D. Lupashko** – cadets, Air force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin (394064, Russia, Voronezh, St. Old Bolsheviks, 54A), ph.: 8-473-244-7613

УДК 519.711.3:697.343

## УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С.А. Сазонова, Н.В. Мозговой, С.Н. Кораблин

*Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** по результатам обзора методов решения прикладных задач управления функционированием систем теплоснабжения с целью успешной реализации подзадачи оценивания текущего состояния сформулированы выводы. Установлено, что эффективное решение задач управления функционированием возможно на основе построения корректной математической модели установившегося потокораспределения на основе применения энергетического эквивалентирования

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, моделирование, потокораспределение, система теплоснабжения

## FUNCTIONING CONTROL OF HEAT POWER SYSTEMS

S.A. Sazonova, N.V. Mozgovoy, S.N. Korablin

*Voronezh state technical University*

**Abstract:** based on the results of a review of methods for solving applied problems of controlling the functioning of heat supply systems in order to successfully implement the subtask of assessing the current state, conclusions are formulated. It has been established that the effective solution of the problems of operation control is possible on the basis of constructing a correct mathematical model of the steady-state flow distribution based on the use of energy equivalence

**Keywords:** heat power engineering, modeling, current distribution, heat supply system

По результатам обзора методов решения прикладных задач управления функционированием систем теплоснабжения (СТС) можно сделать заключение о том, что все возникающие при этом проблемы замыкаются на построении корректной математической модели установившегося потокораспределения, являющейся в этих задачах системой ограничений в виде равенств к выбранному критерию оптимизации.

В настоящее время известны два условно альтернативных подхода к формированию моделей установившегося потокораспределения: аналитический и экстремальный. В основе первого лежит система нелинейных уравнений, называемых топологическими и выражающих известные законы Кирхгофа. Поскольку реализация таких моделей заключается в решении этой системы, то есть итеративной ликвидации в них невязок, то соответствующие методы анализа потокораспределения, получили название увязочных методов [1].

Экстремальные модели формируются

как задачи математического программирования относительно целевой функции имеющей определенный энергетический смысл. Чаще всего в качестве функции цели используется минимум энергетических потерь гидравлического трения при движении целевого продукта (ЦП) в трубопроводах. Предпочтительными [1] считаются увязочные методы, поскольку реализация задач нелинейного математического программирования с большим числом искомых параметров всегда сопряжена с вычислительными проблемами.

В рамках увязочных методов также существует два варианта реализации, отличающихся физическим содержанием. В основе первого лежит представление любой гидравлической системы, в том числе и СТС как транспортного объекта, материально изолированного от окружающей среды. То есть в системе происходит кругооборот движения транспортируемой среды за счет энергии подводимой к активным элементам и эта энергия тратится исключительно на теплоту трения в трубопроводах (диссипируется в пределах системы). Активные элементы (насосы) в этом случае размещаются на ду-

гах графа, отображающего расчетную схему системы. Для тепловых сетей, относящихся в основном к категории закрытых и имеющих естественный возврат теплоносителя к источникам теплоснабжения по обратным трубопроводам, такой вариант увязочных методов получил наибольшее распространение.

Таким образом, первый вариант увязочных методов обеспечивает устойчивое решение, если во всех узлах взаимодействия системы с окружающей средой задан любой из трех видов исходной информации: отбор (приток) транспортируемой среды в систему  $g_j$ ; давление или напор (узловой потенциал)  $H_j$ ; зависимость  $H_j(g_j)$ , то есть гидравлическая характеристика активного элемента. В [2] такая информация считается граничными условиями (ГУ) I-го и II-го рода соответственно. Такая ситуация реализуема на практике только в двух случаях, когда решаются задачи проектирования или поверки и эти данные являются нормативными.

Между тем, практика показывает, что для функционирующих систем все задачи управления так или иначе носят характер прогноза, поскольку реализуются с определенным временем упреждения. Под прогнозом подразумевается оценка ожидаемых параметров режима функционирования в результате воздействия на систему любых параметрических или структурных возмущений. Очевидно, что в этом случае информация о ГУ I рода не может быть задана и первый вариант увязочных методов теряет работоспособность.

Второй вариант увязочных методов изначально разрабатывался для открытых гидравлических систем (водо- и газоснабжения). Его сущность заключается в выделении по узлам в составе моделируемого объекта так называемого исследуемого фрагмента системы (ИФС) процессы в котором подлежат анализу. Все, что находится за пределами ИФС рассматривается как метасистема, к которой может принадлежать и окружающая среда. Обычно в состав метасистемы входят абонентские подсистемы (АП), объединяющие внутриквартальные и домовые сети. Та-

кой подход вполне обоснован, поскольку прием декомпозиции всей системы на распределительную сеть и абоненты типичен для указанных систем.

Узлы, по которым осуществляется выделение ИФС приобретают статус энергоузлов (ЭУ), то есть узлов обмена транспортируемой средой и метасистемой. Для однозначности решения при реализации модели аналогично первому варианту увязочных методов в ЭУ должны быть заданы ГУ I или II рода.

Отличительной особенностью второго варианта является то обстоятельство, что элементы, описываемые с помощью гидравлических характеристик (регуляторы, насосы и т.д.) размещаются не на дугах, а в узлах ИФС. Отсутствие каких-либо ограничений на процедуры выделения ИФС из состава системы, позволяет всегда локализовать его таким образом, чтобы согласовать ресурсы вычислительной техники с размерностью модели и в этом заключается одно из преимуществ рассматриваемого варианта увязочных методов.

Процедура выделения ИФС для открытых систем равноценна размыканию фиктивных контуров, которые преобразуются в этом случае в так называемые независимые цепи [2], состоящие только из реальных участков ИФС. Число независимых цепей на единицу меньше числа узлов с фиксированным давлением, поэтому при наличии хотя бы одного источника, что соблюдается автоматически, число цепей всегда соответствует количеству нефиксированных отборов. Таким образом, универсальная модель потоко-распределения [2], формируемая в рамках второго варианта, в смысле размерности ничем не отличается от модели с циклической схемой [1].

В результате оба варианта увязочных методов на первый взгляд кажутся практически идентичными друг другу и это действительно так, если рассматривать задачи, в которых применяются ГУ I и II рода, то есть проектирования. Однако второй вариант модели в последнее время получил дальнейшее

развитие, связанное с применением энергетического эквивалентирования элементов метасистемы, находящихся вне ИФС.

Не вдаваясь подробно в идею этого приема преобразования моделей, который подробно изложен в ряде работ, заметим, что он позволяет абстрагироваться от конкретного состава и характеристик эквивалентируемых элементов метасистемы, заботясь лишь об обеспечении равенства энергетических потерь на них и соответствующих им фиктивных участках с учетом свободного напора истечения ЦП из бытовых приборов (кранов, горелок). В работах [1, 2] подробно излагается технология построения фиктивных элементов, эквивалентирующих однородные пассивные элементы метасистемы. Однако такой прием может быть распространен на разнородные устройства гидравлических сетей.

Второй вариант увязочных методов до сих пор не применялся к закрытым системам типа СТС, поскольку для них невозможно абстрагирование от процессов в АП. Из-за необходимости включения АП в состав объекта моделирования приходится рассматривать множество разнообразных элементов, которые хотя и имеют известные гидравлические характеристики, но целиком находятся в пределах системы и поэтому не могут считаться энергоузлами. Через них не осуществляется сток или приток ЦП в систему, а происходит либо местная диссипация энергии (регуляторы различного назначения), либо приток энергии в активных элементах. Разумеется, отмеченное обстоятельство создает определенные неудобства применения этого варианта увязочных методов к системам закрытого типа, однако их не следует рассматривать как принципиальные. При выполнении работы использовались материалы исследований [3-20].

На основании изложенного представляется целесообразным создать модель, являющуюся симбиозом моделей обоих увязочных методов. Только в этом случае полученную модель можно рассматривать как некоторый универсальный вариант моделей

потокораспределения, адаптированный к любым гидравлическим системам. В этом существует объективная необходимость, поскольку к процессу моделирования любых транспортных энергетических систем, в том числе и СТС, предъявляются все более высокие требования по уровню детализации. Между тем, существующие средства анализа СТС (в рамках первого варианта увязочных методов) практически полностью игнорируют их комбинированный характер. Даже если во всех абонентах не существует непосредственного водоразбора из тепловых сетей на горячее водоснабжение это не дает повода для того, чтобы считать их строго закрытыми системами и исключить из рассмотрения совокупность подпиточных насосов.

#### Библиографический список

1. Евдокимов, А.Г. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях / А.Г. Евдокимов, А.Д. Тевяшев, В.В. Дубровский. - М.: Стройиздат, 1990. - 368 с.
2. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.
3. Проскурин, Д.К. Сходимость вычислительного процесса при реализации вариационного метода решения краевой задачи гидродинамики / Д.К. Проскурин, Д.В. Сысоев, С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2021. - Т. 17. - № 3. - С. 14-19.
4. Меркулов, А.С. Моделирование процессов, влияющих на качество бетонных покрытий дорог / А.С. Меркулов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 38-44.
5. Николенко, С.Д. Моделирование процесса износа кирпичных зданий / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 44-50.
6. Рогов, Н.Ю. Моделирование процесса обследования железобетонных опор технологических эстакад / Н.Ю. Рогов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и про-

цессов. 2021. Т. 14. № 1. С. 68-73.

7. Николенко, С.Д. Моделирование работы конструкций из дисперсно-армированного бетона при знакопеременной динамической нагрузке большой интенсивности / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 3. - С. 36-44.

8. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.

9. Пантелеев, А.И. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.

10. Кузнецова, Л.А. Исследование влияния на прочность при изгибе элементов конструкций армированных металлическими фибрами / Л.А. Кузнецова, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, А.А. Осипов, Н.В. Заложных // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 4. - С. 51-57.

11. Старцев, В.Н. Анализ прочности монолитного перекрытия здания и контроль проектной документации / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 57-63.

12. Старцев, В.Н. Моделирование термонапряженного состояния фундамента и разработка мероприятий по улучшению эксплуатационных свойств бетона / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 64-71.

13. Николенко, С.Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акакина // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 76-85.

14. Жидко, Е.А. Принципы системного математического моделирования информационной безопасности / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Интернет-журнал Науковедение. - 2014. - №2 (21). - С.34.

15. Жидко, Е.А. Логико-лингвистическая модель интегрированного менеджмента организации в XXI веке / Е.А. Жидко // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 1 (16). - С. 91-93.

16. Николенко, С.Д. Сооружение, возведенное на несъемной пневматической опалубке / С.Д. Николенко, Д.А. Казаков // Патент на изобретение RU 2371555 C1, 27.10.2009. Заявка № 2008122797/03 от 05.06.2008.

17. Панов, М.Я. Методология факторного анализа водораспределения и водопотребления / М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.С. Квасов // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2001. - № 5. - С. 82.

18. Асмнин, В.Ф. Использование акустических характеристик речевых пожарных оповещателей для расчёта звуковых полей помещений / В.Ф. Асмнин, А.И. Антонов, Е.Н. Епифанов // Технологии техносферной безопасности. - 2014. - № 1 (53). - С. 13.

19. Сазонова, С.А. Расчет смешанным методом статически неопределимых рам с элементами повышенной жесткости и численная проверка результатов расчетов с помощью метода конечных элементов / С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 54-66.

20. Сазонова, С.А. Моделирование опасных внутренних усилий при расчете смешанным методом статически неопределимых рам со стержнями заданной жесткости / С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 44-54.

#### Информация об авторах

**Сазонова Светлана Анатольевна** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Мозговой Николай Васильевич** - доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: nv\_moz@mail.ru

**Кораблин Сергей Николаевич** – аспирант, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: kora-blin2015@inbox.ru

#### Information about the authors

**Svetlana A. Sazonova**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Nikolai V. Mozgovoy**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Technical University (394006, Russia, Voronezh, 20 Let Oktyabrya St., 84), e-mail: nv\_moz@mail.ru

**Sergey N. Korablin**, postgraduate student, Voronezh State Technical University (394006, Russia, Voronezh, 20 Let Oktyabrya St., 84), e-mail: korab-lin2015@inbox.ru



УДК 504.42

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА НЕФТЬЮ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЧАСТЬ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

Е.С. Журавлева, Е.А. Жидко

*Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** в статье рассматривается проблема загрязнения Мирового океана нефтью. Особое внимание уделяется анализу источников загрязнения, а также способам снижения загрязнения морской воды от нефтепродуктов

**Ключевые слова:** загрязнение, вода, нефть

## OIL POLLUTION OF THE WORLD OCEAN AS A COMPONENT OF THE GLOBAL ENVIRONMENTAL PROBLEM

E.S. Zhuravleva, E.A. Zhidko

*Voronezh state technical University*

**Abstract:** the article deals with the problem of oil pollution of the World Ocean. Particular attention is paid to the analysis of pollution sources, as well as ways to reduce pollution of seawater from petroleum products

**Keywords:** pollution, water, oil

Мировой океан имеет важное значение для окружающей среды, поскольку он обеспечивает более 90% запасов воды на земле и производит около 71% кислорода, которым мы дышим. Загрязнение океана является серьезной проблемой, которая наносит вред как наземным, так и морским обитателям. Разливы нефти, пластик, мусор и сточные воды объединяясь вместе, образуют главную проблему, известную как загрязнение окружающей среды. Многие виды человеческой деятельности - промышленное производство, сжигание топлива, сельское хозяйство и использование различных продуктов - являются источниками загрязняющих веществ, которые могут попасть в океан. В свое время люди думали, что обширные просторы океана способны разбавить загрязняющие веще-

ства, чтобы устранить их воздействие. Однако на данный момент известно, что некоторые загрязнители могут существенно изменять морские экосистемы и наносить вред их обитателям [1-3].

Загрязнение океана игнорировалось в течение многих лет, но в последние десятилетия последствия стали более заметными. На индивидуальном уровне загрязнители могут оказывать пагубное воздействие на жизнедеятельность и здоровье морских организмов и людей. В более широком масштабе это угрожает климату и сохранению некоторых из самых ценных мест на нашей планете.

Особое беспокойство вызывают такие загрязнители, как нефть, пластик, удобрения, мусор и другие промышленные отходы. Даже шум от таких видов деятельности, как судходство, сейсмозаездка способен повли-

ять на жизнь в океане. Давление, создаваемое звуками, исходящими от судов гидроакустических устройств, нефтяных вышек и землетрясений, может нарушить охоту, миграцию и воспроизводство многих морских обитателей, таких как киты, черепахи, дельфины. Это может вывести всю экосистему из равновесия. Загрязнение воздуха также способно привести к загрязнению океана. Поглощаясь водой, воздух загрязняет ее, и наоборот. Пыль и грязь также может попадать в водные пути из верхнего слоя почвы или ила с полей или строительных площадок, создавая угрозу для мест обитания рыб и диких животных.

Из всех видов загрязнителей нефть наиболее существенно влияет на экосистемы океана, подвергая опасности дикую природу. Плавающая на поверхности воды, она покрывает мех и перья морских животных. Пропитанное нефтью оперение птиц повышает их уязвимость к колебаниям температуры, а также ухудшает способность к полету, так что они не могут добывать пищу или убегать от хищников. Когда птицы пытаются очистить

свои перья, они часто глотают масло, что вызывает у них повреждение почек, печени и раздражение органов пищеварительного тракта. Это может привести к смерти в результате нарушения пищеварения или обезвоживания.

Кроме того, нефть, плавающая поверх морской воды, снижает проникновение света, что может ограничивать фотосинтетическую деятельность морских растений и фитопланктона, которые составляют основу морской экосистемы.

Причинами поступления нефти в океан в результате человеческой деятельности могут послужить: деятельность по разведке и добыче нефти, ее транспортировка, включая разливы танкеров и само использования нефти, включая сток с автомагистралей и сбросы с транспортных средств. На рис. 1 показан относительный вклад среднегодовых выбросов нефти в морскую среду в результате естественных утечек и в результате деятельности человека, связанной с добычей, транспортировкой и использованием нефти.



Рис. 1. Поступление нефти в Мировой океан

Принца Уильяма на Аляске на сегодняшний день является крупнейшим подобным разливом в истории США. Танкер разлил примерно 260 тысяч баррелей сырой

нефти, в результате чего, свыше 1600 километров береговых линий оказались загрязнены. По оценкам специалистов, погибло 900 белоголовых орланов, 250 000 морских птиц,

2800 морских выдр, 300 морских котиков и бесчисленное множество рыб и беспозвоночных. Масштабные усилия по очистке удалили большую часть видимой нефти, однако оставшаяся ее часть продолжает оказывать воздействие на популяции местных морских растений и животных и по сей день.

Как же человечеству решить эту экологическую проблему?

Несмотря на то, что на данный момент в мире разрабатываются альтернативные источники энергии, ожидается, что нефть останется доминирующим топливом, по крайней мере, в течение следующих нескольких десятилетий. Потребности в энергии продолжают увеличиваться по мере роста численности населения и повышения индустриализации развивающихся стран. По прогнозам, мировое потребление нефти резко возрастет в течение следующих нескольких десятилетий, причем наибольшие темпы роста будут наблюдаться в Китае, Индии и других развивающихся азиатских странах [4-6].

Простых решений для ликвидации разливов нефти не существует. Доступные методы включают использование особых химических веществ: сорбентов и диспергентов. Вступая во взаимодействие с водой, сорбенты мгновенно начинают впитывать в себя нефть и нефтепродукты. Главное достоинство – это возможность их применения вне зависимости от условий окружающей среды. Диспергенты используются как ускорители процесса естественного рассеивания нефтепродуктов с целью облегчить удаления разлившегося пятна. Они применяются в экстремальных условиях (на больших глубинах), когда механическая очистка невозможна. Диспергентам свойственна высокая токсичность. Применение этих химических веществ зависит от температуры окружающей среды.

Люди также физически устраняют разливы, используя водяные шланги высокого давления на берегах и очищая животных от масла. В качестве технических средств для

сбора нефти применяются специальные суда – нефтесборщики или скиммеры. Эти устройства используют в рамках аварийных ситуаций, когда нефть разливается по поверхности воды.

Однако эффективными способами снизить загрязнение морской воды нефтепродуктами является сокращение их поступления в океан в результате человеческой и промышленной деятельности [7-9].

– *Ограничение использования нефтепродуктов.* Экономия энергии и применение таких альтернативных источников топлива, как солнечная энергия, электричество, водород или биотопливо могут значительно снизить потребности людей в нефтепродуктах, что позволит уменьшить поступление нефти в океан в результате аварий, разливов и выбросов.

– *Экологически ориентированные методы работы промышленных предприятий.* Использование более модифицированных устройств способно минимизировать воздействие нефтеперерабатывающих предприятий на окружающую среду. Значительно уменьшить попадание загрязняющих компонентов в сточные воды при работе промышленных предприятий возможно с помощью внедрения инновационных фильтрующих установок.

– *Мероприятия, направленные на предотвращение возможных аварий на нефтеналивных судах.* Хотя объем нефти, транспортируемой по морю, продолжает расти, разливы, связанные с транспортировкой, снижаются. Большинство танкеров в настоящее время имеют двойные корпуса или отдельные резервуары, которые способны значительно снизить утечку. Транспортные разливы в настоящее время составляют менее 13% от общего объема нефти, выброшенной по всему миру.

– *Предотвращение аварий на производстве.* За последнее десятилетие также улучшились технологии производства нефтепродуктов, а обучение персонала тех-

нике безопасности значительно сократило как выбросы, так и ежедневные эксплуатационные разливы нефти. На сегодняшний день аварийные разливы с нефтяных платформ составляют лишь около 3% общемировой нефти.

Таким образом, благодаря регулярному мониторингу, установленным методам очистки, инновационным достижениям науки и техники и политике, ориентированной на охрану окружающей среды, некоторые последствия загрязнения океана могут быть ликвидированы или уменьшены. На сегодняшний день предпринято много важных шагов [2]:

- вдоль побережья построены современные очистные сооружения для очистки сточных вод от загрязняющих веществ;
- использование и выброс в океан вредных, токсических и ядовитых веществ запрещено или ограничено;
- введены штрафы за несанкционированный выброс вредных веществ в океан;
- разработаны воспитательные и образовательные программы для формирования у населения экологической культуры и рационального поведения в отношении природы.

Но, несмотря на некоторые успехи в устранении опасных последствий загрязнения, многое еще предстоит сделать для защиты здоровья океана для будущих поколений.

### Библиографический список

1. Звягинцева, А.В. Расчет образования ртутьсодержащих отходов и разработка мероприятий по охране и рациональному использова-

нию водных ресурсов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 30-36.

2. Жидко Е.А. Менеджмент. Экологический аспект. Курс лекций/Воронеж, 2010

3. Молодая, А.С. Моделирование высокотемпературного нагрева сталефибробетона / А.С. Молодая, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2018. - Т. 6. - № 2 (21). - С. 323-335.

4. Николенко, С.Д. Математическое моделирование дисперсного армирования бетона / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 74 -79.

5. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Парадигма информационной безопасности компании// Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 1 (108). С. 25-35.

6. Nikolenko, S.D. Behaviour of concrete with a disperse reinforcement under dynamic loads / S.D. Nikolenko, E.A. Sushko, S.A. Sazonova, A.A. Odnolko, V.Ya. Manokhin // Magazine of Civil Engineering. - 2017. - № 7 (75). - С. 3-14.

7. Локтев, Е.М. Моделирование рейтинговых показателей педагогических кадров военных кафедр / Е.М. Локтев, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 67 -73.

8. [https://best-stroy.ru/statya\\_vrednye-dlya-zdorovya-stroitelnye-materialy-top-10\\_2598](https://best-stroy.ru/statya_vrednye-dlya-zdorovya-stroitelnye-materialy-top-10_2598)

9. <https://www.kvartirobus.ru/remont-kvartiri/prochee/34-ekologichnye-i-vrednye-stroitelnye-materialy>

10. Жидко Е.А. Попова Л.Г. Принципы системного математического моделирования информационной безопасности // Интернет - журнал Науковедение. 2014 №2 (21). С.34.

### Информация об авторах

**Журавлева Елизавета Сергеевна** – студент 2 курса, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), тел.: 8-903-564-2514  
**Жидко Елена Александровна** – доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: lenag66@mail.ru

### Information about the authors

**Elizabeth S. Zhuravleva**, 2nd year student, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-903-564-2514  
**Elena A. Zhidko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 Let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: lenag66@mail.ru

УДК 004.75

**МЕТОДЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ****И.К. Будникова, Д.С. Гусев***Казанский государственный энергетический университет*

**Аннотация:** в данной статье рассматриваются модели и методы управления проектами. Для повышения эффективности информационной системы рассматриваемого предприятия разработан программный модуль для управления задачей «Автоматизация календаря»

**Ключевые слова:** модели управления проектами, информационные потоки, стейхолдеры

**PROJECT MANAGEMENT METHODS AND MODELS****I.K. Budnikova, D.S. Gusev***Kazan state power engineering university*

**Abstract:** this article discusses models and methods of project management. To improve the efficiency of the information system of the enterprise in question, a software module has been developed for managing the "Calendar Automation" task

**Keywords:** project management models, information flows, stakeholders

В современных условиях эффективность деятельности большинства экономических субъектов в значительной степени определяется эффективно организованным информационным обеспечением деятельности. Наличие слаженной системы информационного обеспечения управления может ликвидировать вероятностный характер принимаемых управленческих решений, дублирование информации и ее потери, и ведет к повышению эффективности управления [1].

Методы и модели управления процессом создания проектов применяются при планировании и управлении:

- разработкой крупных народнохозяйственных комплексов;
- научными исследованиями;
- конструкторской и технологической подготовкой производства;
- освоения новых видов изделий;
- строительством и реконструкцией, капитальным ремонтом основных фондов.

При осуществлении достаточно сложных масштабных проектов и деятельности в процессе управления ими могут одновременно принимать участие разные заинтере-

сованные стороны (стейхолдеры), каждая из которых может иметь свою команду управления проектом во главе с собственным руководителем, наделенным соответствующими полномочиями и представляющим в проекте интересы данной стороны.

Выбор методов и средств управления проектами в значительной мере определяется тем, какая из заинтересованных сторон проекта рассматривается в качестве субъекта управления проектной деятельностью в каждом конкретном случае [2-4].

Математические модели проектного управления для разных заинтересованных сторон и сетевые модели служат основой для проектирования интегрированной информационно - аналитической системы управления сложным проектом на всех стадиях его осуществления.

Укрупненная информационно - логическая схема взаимодействия стейкхолдеров приведена на рис. 1.

Таким образом, должна существовать возможность для автоматизированного сочетания отдельных моделей управления и создания комбинированных моделей. Главной моделью крупного проекта является комплексная укрупненная сетевая модель, вклю-

чающая все виды проектной деятельности на протяжении всего жизненного цикла проекта.

В данной работе рассматривается задача, связанные с деятельностью компании

ООО «РГ-Строй Групп», которая специализируется в области строительства инженерных коммуникаций для водоснабжения, водоотведения, газоснабжения а также строительства зданий и дорог [5].



Рис. 1. Взаимосвязь математических моделей управления проектом

Социальной задачей ООО «РГ-Строй Групп» является доброкачественное выполнение своей работы и создание услуг по умеренным ценам, которые будут доступны широкой массе потребителей. Целью ООО «РГ-Строй Групп» является развитие организации, предоставление качественной работы и, конечно же, извлечение прибыли в интересах организации.

Управление строительством включает в себя следующие бизнес-процессы:

- Заключение договора с заказчиком.
- Заказ материальных ресурсов.
- Входной контроль материально-технических ресурсов.
- Строительство объекта.
- Финансовая деятельность.

– Сдача объекта.

После изучения процесса функционирования ООО «РГ-Строй Групп», его информационной системы выявлена необходимость разработки программного обеспечения для управления задачей «Автоматизация календаря».

После ввода данных, бот отправляет их на сервер, после чего, с помощью специального скрипта, данные обрабатываются и отправляются в базу данных. Диаграмма такого размещения представлена на рисунке 2.

Доступ к ПО есть только у предприятия и заказчика, которому предприятие отправляет данное ПО, после завершения строительных работ предприятие самостоятельно завершает работу ПО у заказчика.

Ответственный за сроки сотрудник предприятия обозначает боту дату и время определенных видов работ, после чего бот сохраняет данные к себе в календарь.

Клиенты (заказчик и ответственный за

сроки) могут в любое время просмотреть задачи, которые выполняются в конкретный момент времени или будут выполнены в ближайшее время, так же можно посмотреть весь график работ.

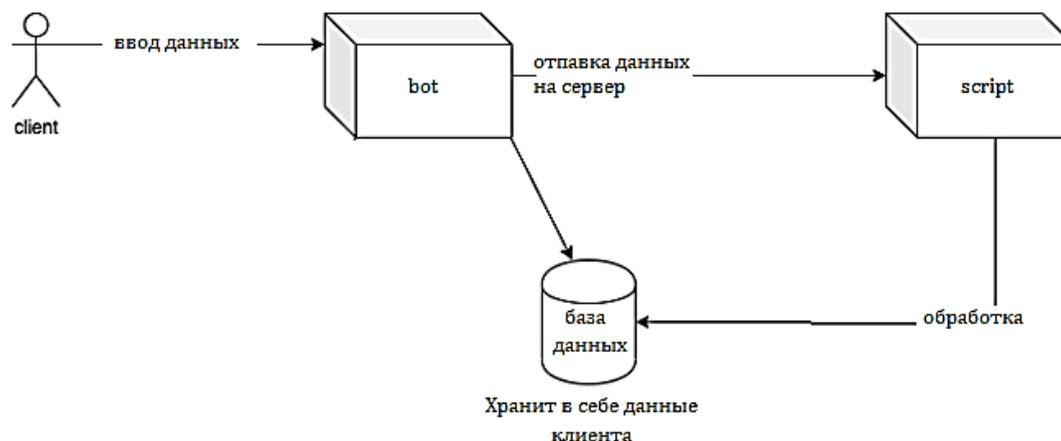


Рис. 2. Диаграмма размещения компонентов

В ходе реализации программы удалось достичь удобного ввода и показа сроков выполнения работ, а также сократить не эффективный расход временных и трудовых ресурсов.

**Библиографический список**

1. Буркова И.В., Гельруд Я.Д. Математические методы и модели управления проектами: – Челябинск: Издательский центр ЮурГУ, 2018. – 193 с.
2. Будникова И.К., Приймак Е.В. Моделирование управляемых процессов с применением методов сетевого планирования. // Вестник технологического университета, 2018. Т.21, № 1. С.115-118.

3. Будникова И.К., Муртазин А.З. Автоматизация расчетов сетевого планирования и управления. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU. Заявка № 2017613277 от 12.04.2017.

4. Давлетшина Л.А., Будникова И.К. Моделирование информационных потоков IT- компании на основе методологии диаграммы потоков данных.// Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах, 2021. – № 1 (23). С. 87 –91.

5. ООО "РГ-СТРОЙ ГРУПП" [Электронный ресурс]. – URL: [https://zachestnyibiznes.ru/company/ul/1181690006530\\_/655397662\\_OOO-RG-STROY-GRUPP](https://zachestnyibiznes.ru/company/ul/1181690006530_/655397662_OOO-RG-STROY-GRUPP)

**Информация об авторах**

**Будникова Иветта Константиновна** – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru  
**Гусев Данил Сергеевич** – студент Казанского государственного энергетического университета (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru

**Information about the authors**

**Ivetta K. Budnikova**, candidate of technical Sciences, associate Professor, Kazan State Power Engineering University (Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru  
**Danil S. Gusev**, student of Kazan State Energy University (420066, Russia, Kazan, Krasno-selskaya st., 51), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru

УДК 624:620.9

## ТРАНСПОРТНОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С.А. Сазонова, С.Н. Кораблин, В.В. Колотушкин

*Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** рассмотрена процедура формирования транспортного (параметрического) резерва для систем теплоснабжения городов и населенных пунктов в случаях увеличения диаметров линий при неизменной конфигурации сети. Для функционирующих систем теплоснабжения формирование резерва обеспечит бесперебойное и безопасное функционирование. Безопасное функционирование предполагается обеспечить за счет анализа и предупреждения возможных аварийных ситуаций. В основе разработки математических моделей транспортного резерва использовано энергетическое эквивалентирование абонентских подсистем систем теплоснабжения, что отличает полученные математические модели от существующих аналогов. Выполнять транспортное резервирование представляется возможным для систем любых размеров и конфигураций или для исследуемых фрагментов этих систем. Для практического применения представляет интерес расчета параметрического резерва отдельных домов, имеющих автономные котельные

**Ключевые слова:** математическое моделирование, транспортное резервирование, системы теплоснабжения, теплоэнергетика, безопасность функционирования систем

## TRANSPORTATION RESERVATION OF HEAT POWER SYSTEMS

S.A. Sazonova, S.N. Korablin, V.V. Kolotushkin

*Voronezh state technical University*

**Abstract:** the paper considers the procedure for the formation of a transport (parametric) reserve for heat supply systems of cities and towns in cases of increase in the diameters of lines with a constant network configuration. For functioning heat supply systems, the formation of a reserve will ensure uninterrupted and safe operation. Safe operation is supposed to be ensured by analyzing and preventing possible emergency situations. The development of mathematical models of the transport reserve is based on the energy equivalence of subscriber subsystems of heat supply systems, which distinguishes the obtained mathematical models from existing analogues. It seems possible to carry out transport redundancy for systems of any size and configuration, or for the investigated fragments of these systems. For practical application, it is of interest to calculate the parametric reserve of individual houses with autonomous boiler houses

**Keywords:** mathematical modeling, transport reservation, heat supply systems, heat power engineering, safety of systems functioning

Мероприятия по управлению потоко-распределением в системах теплоснабжения (СТС) по сути представляют различные параметрические воздействия на отдельные ее элементы. Транспортные (параметрические) воздействия наиболее характерный вид управления функционированием. Такой вид управления часто считается оперативным, так как для него свойственно достаточно кратковременное упреждение о изменениях параметров системы.

В целом задача обобщения результатов имитации отказов для СТС на основе применения энергетического эквивалентирования пока не решалась. Имеются лишь ее аналоги для систем газоснабжения и водоснабжения [1].

В работе [1] были проанализированы результаты числительного эксперимента. На основании этого была установлена явная зависимость между относительным расходом на участке  $\bar{Q}_i = Q_i / g_\Sigma$  через источники питания системы  $g_\Sigma$  и относительной потерей производственной мощности при отказе. Было получено соотношение  $\Delta \bar{g} = (g_\Sigma - g_\Sigma^{ав}) / g_\Sigma$ .

В данном выражении индекс ( $\Sigma$ ) обозначает полный расход целевого продукта (ЦП) в сети, а индекс "ав" обозначает аварийное состояние.

После обработки методом наименьших квадратов (МНК) с двумя переменными параметрами получена зависимость

$$\Delta \bar{g} = a \bar{Q}_i^2 + b \bar{Q}_i \quad (1)$$

Для дальнейшего применения метода резервирования СТС, допустим, что коэффициенты  $a$  и  $b$  в выражении (1) известны.

Рассмотрим процесс формирования для СТС параметрического резерва. В качестве первоначальной информации для выполнения резервирования, мы используем уменьшенное (лимитированное) потребление ЦП  $g_j^{лим}$ . Значение  $g_j^{лим}$  можно считать функцией времени.

Предполагаем, что в расчетной зоне (РЗ) из всего множества энергоузлов (ЭУ), при ограниченном потреблении контролируются только ЭУ присоединения потребителей -  $J_{\eta(p)}^z \cup J_{\eta(g)}^z \cup J_{\eta(f)}^z$ .

Состояние отказа системы определяется следующими условиями: если происходит в пределах РЗ  $i$ -й частичный отказ в ЭУ, тогда изменяется отбор и выполняется условие  $g_j^{аб} < g_j^{лим} = K_j^{лим} \times \hat{g}_j$ , (где  $\hat{g}_j$  - расчетное потребление среды от ЭУ  $j$ ).

Для установившегося распределения потока  $g_{\Sigma}$  =  $\sum_j g_j$ ; (общее потребление  $j \in J_{\eta(f)}^z \cup J_{\eta(p)}^z \cup J_{\eta(g)}^z$ ) соответствует производственной мощности СТС. Если все условия  $g_j^{аб} \geq K_j^{лим} \times \hat{g}_j$  для выбранных ЭУ будут выполнены при условии увеличения диаметра, предполагается, то такая система восстановится после аварии.

Принимая во внимание принципы энергетического эквивалентирования [1], получаем, что отборы  $g_j$  на подсистемы горячего водоснабжения и отопления, а так же давления  $h_j$  в ЭУ  $j$ , связаны между собой через полные гидравлические сопротивления соответствующих эквивалентных участков  $\xi_j^{\circ}$ . Связаны они так же с помощью соотношения для целевой функции в МНК и уравнения Бернулли в задаче статического оценивания для СТС. Отказ  $i$ -го элемента следует рассматривать как возмущенное состояние системы.

Значение  $\xi_j^{\circ}$  может быть определено в

соответствии с номинальным режимом работы СТС.

Состояние в соответствии с известными нормами потребления

$$h_j^{лим} - h_{откр} = \xi_j^{\circ} (g_j^{лим})^{\alpha} \quad (2)$$

$$h_j^{лим} - h_{закр} = \xi_j^{\circ} (g_j^{лим})^{\alpha} \quad (3)$$

можно установить при минимальном уровне потенциалов в ЭУ  $h_j^{лим}$ , ниже которого гидравлическое сопротивление АП не позволит обеспечить пропуск ограниченного отбора потребителю. Отношение (2) применяют для подсистемам горячего водоснабжения (при открытой схеме), а (3) при закрытой схеме для подсистем горячего водоснабжения и отопления.

Поэтом поиск мероприятий по резервированию должен основываться на двух условиях:

$$g_j^{аб} \geq g_j^{лим}; \quad h_j^{аб} \geq h_j^{лим}. \quad (4)$$

Первой фазой резервирования является анализ возмущенного состояния, основанный на модели потокораспределения [1]. Второй фазой резервирования может являться дискретная задача нелинейного математического программирования. Вместо номинального потребления  $\hat{g}_j$  устанавливаются ограниченные отборы  $\hat{g}_j^{лим}$ , определяются из выражения:

$$\hat{g}_j^{лим} = K_j^{лим} \times \hat{g}_j \quad (5)$$

В соответствии с алгоритмом аппроксимации, коррекция диаметра для каждого шага итерций, выполняется путем решения системы линейных уравнений в матричной форме:

$$A_{m \times n} \times G_{n(d)} \times \delta D_{n \times 1} = 0_{m \times 1}; \quad (6)$$

$$K_{r \times n} \times B_{n(d)} \times \delta D_{n \times 1} = 0_{r \times 1}; \quad (7)$$

$$C_{p \times n} \times B_{n(d)} \times \delta D_{n \times 1} = M_{p \times e}^t \times \delta \hat{H}_{exl} \quad (8)$$

где  $\delta D$ ,  $\delta \hat{H}$  - матрицы-столбцы, которые корректируют диаметр и потенциал в соответствующем ЭУ; введены соотношения  $G_i = (1+\beta) Q_i^{-\alpha} D_i^\beta$ ;  $B_i = s_i \beta D_i^{-(1+\beta)} Q_i^\alpha L_i$ ; так же используются обозначения в соответствии с [1].

При последовательном решении уравнений (6) - (8) увеличивая диаметры резервированных участков, воспроизводим значения давлений в ЭУ в случаях отказов.

Между тем, поскольку экономическая модель (6), накладывает ограничения на процесс резервирования, которые при переходе от состояния отказа к работоспособному состоянию системы, позволяют определить экстремальные затраты и выявить оптимальный вариант резервирования. При выполнении работы рассматривались материалы исследований [2-20].

Что касается первоначальной исследуемой системы теплоснабжения, без выполненного резервирования, то для нее процессом определения резерва можно считать процедуру последовательного подбора диаметров участков на основе анализа возмущенного состояния СТС. При этом применение эквивалентов абонентских подсистем дает возможность решить поставленную задачу в пределах унарной расчетной схемы. В этом случае связывают граничные условия при ограниченном потреблении с требуемыми ограничениями режима функционирования СТС.

Рассмотренные вопросы в значительной степени отражают содержание направления улучшения аналитического метода анализа в задаче оптимизации параметров систем теплоснабжения с учетом различных ограничений.

### Библиографический список

1. Квасов, И.С. Анализ и параметрический синтез трубопроводных гидравлических систем на основе функционального эквивалентирования: автореф. дис. доктора технических наук: 05.13.16. - Воронеж, 1998. - 30 с.
2. Проскурин, Д.К. Сходимость вычисли-

тельного процесса при реализации вариационного метода решения краевой задачи гидродинамики / Д.К. Проскурин, Д.В. Сысоев, С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2021. - Т. 17. - № 3. - С. 14-19.

3. Меркулов, А.С. Моделирование процессов, влияющих на качество бетонных покрытий дорог / А.С. Меркулов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 38-44.

4. Николенко, С.Д. Моделирование процесса износа кирпичных зданий / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 44-50.

5. Рогов, Н.Ю. Моделирование процесса обследования железобетонных опор технологических эстакад / Н.Ю. Рогов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. 2021. Т. 14. № 1. С. 68-73.

6. Николенко, С.Д. Моделирование работы конструкций из дисперсно-армированного бетона при знакопеременной динамической нагрузке большой интенсивности / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 3. - С. 36-44.

7. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.

8. Пантелеев, А.И. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.

9. Кузнецова, Л.А. Исследование влияния на прочность при изгибе элементов конструкций армированных металлическими фибрами / Л.А. Кузнецова, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, А.А. Осипов, Н.В. Заложных // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 4. - С. 51-57.

10. Старцев, В.Н. Анализ прочности монолитного перекрытия здания и контроль проектной документации / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и

процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 57-63.

11. Старцев, В.Н. Моделирование термонапряженного состояния фундамента и разработка мероприятий по улучшению эксплуатационных свойств бетона / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 64-71.

12. Николенко, С.Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 76-85.

13. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.

14. Жидко, Е.А. Методология и методы системного математического моделирования информационной безопасности хозяйствующего субъекта теоретическими методами / Е.А. Жидко, П.М. Леонов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно - строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2015. - № 2 (6). - С. 15-20.

15. Рогачев, А.Ф. Технология программирования: учебное пособие для вузов / А.Ф. Рогачев, С.А. Сазонова, А.В. Лемешкин. - Воронеж, 2007.

16. Михневич, И.В. Исследование влия-

ния теплового воздействия на прочностные характеристики бетона / И.В. Михневич, С.Д. Николенко // Научный журнал строительства и архитектуры. - 2017. - № 3 (47). - С. 43-51.

17. Панов, М.Я. Методология факторного анализа водораспределения и водопотребления / М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.С. Квасов // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2001. - № 5. - С. 82.

18. Асминин, В.Ф. Вибродемпфирующие покрытия с использованием сухого трения / В.Ф. Асминин // В сборнике: Новое в безопасности жизнедеятельности и экологии. Сборник докладов и тезисов докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Н.И. Иванова. - 1996. - С. 230-231.

19. Сазонова, С.А. Расчет смешанным методом статически неопределимых рам с элементами повышенной жесткости и численная проверка результатов расчетов с помощью метода конечных элементов / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 54-66.

20. Сазонова, С.А. Моделирование опасных внутренних усилий при расчете смешанным методом статически неопределимых рам со стержнями заданной жесткости / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 44-54.

#### Информация об авторах

**Сазонова Светлана Анатольевна** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Кораблин Сергей Николаевич** – аспирант, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: kora-blin2015@inbox.ru

**Колотушкин Виктор Васильевич** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: sycheva2009@mail.ru

#### Information about the authors

**Svetlana A. Sazonova**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Sergey N. Korablin**, postgraduate student, Voronezh State Technical University (394006, Russia, Voronezh, 20 Let Oktyabrya St., 84), e-mail: korab-lin2015@inbox.ru

**Viktor V. Kolotushkin**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (394006, Russia, Voronezh, 20 Let Oktyabrya st., 84), e-mail: sycheva2009@mail.ru

УДК 621.1.016.4

## ТЕПЛОТЕХНИКА В ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.К. Пробст, С.А. Онищенко

*Академия гражданской защиты МЧС ДНР*

**Аннотация:** в данной статье рассматривается роль теплотехники в техносферной безопасности, различные виды топлива и их влияние на техносферную безопасность

**Ключевые слова:** теплотехника, техносферная безопасность, защита человека и окружающей среды, аналитика безопасности и рисков

## HEAT ENGINEERING IN TECHNOSPHERE SAFETY

A.K. Probst, S.A. Onishchenko

*Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the DPR*

**Abstract:** this article discusses the role of heat engineering in technosphere safety, various types of fuels and their impact on technosphere safety

**Keywords:** heat engineering, technosphere safety, protection of humans and the environment, the security analyst and risk

Техносфера - это совокупность искусственных и природных объектов, созданных или измененных целенаправленной деятельностью человека.

Техносферная безопасность - это направление подготовки специалистов в области охраны труда, обеспечения промышленной безопасности технологических процессов и производств, как в нормальных условиях, так и в условиях чрезвычайных ситуациях.

Защита человека и окружающей среды от самого человека и его техногенной деятельности - важнейшие профессиональные задачи, обеспечивающие всеобщую безопасность [1-5].

Неполадки в сложнейших производственных и промышленных комплексах могут стать причиной экологических или техногенных катастроф [6, 7].

С одной стороны, специалист по техносферной безопасности защищает находящуюся вокруг среду от влияния человеческой деятельности [8, 9]:

-контролирует уровень выбросов вредных веществ в атмосферу и гидросферу;

-определяет допустимые нормы и пределы вмешательства человеческой деятель-

ности в природу.

С другой стороны, он обеспечивает безопасность человека в техногенной среде [10]:

– занимается охраной труда работников производств;

– предупреждением травматизма и профессиональных заболеваний;

– контролирует все виды безопасности: пожарную, радиационную.

Специалист по техносферной безопасности - обобщенное название профессии, к которой относятся такие специалисты, как: Инженер по техническому надзору, Аналитик безопасности и рисков, Инженер по охране труда и технике безопасности, Инженер по промышленной безопасности, Инженер по пожарной безопасности, Инженер по экологической безопасности, Инспектор государственного надзора и контроля, Менеджер по промышленной безопасности, Эксперт по экологической безопасности.

В XX веке всех подобных специалистов называли инженерами по охране труда. Но в современном мире высоких технологий недостаточно знаний только лишь инструкций по технике безопасности. Необходимы более обширные знания мировых стандартов охраны окружающей среды и экологического законодательства. Современные специа-

листы в этой области обязательно владеют навыками предотвращения последствий стихийных бедствий - землетрясений, наводнений [11, 12].

*Особенности профессии.* Функциональные обязанности специалиста по техносферной безопасности зависят от отрасли, в которой он работает и занимаемой должности. Общие для всех сфер деятельности виды работ:

- выявление возможных источников опасностей и определение их уровня на производстве;
- определение зон, в которых техногенный риск повышен;
- участие в проектах по созданию средств обеспечения безопасности человека от этих опасностей;
- разработка требований по технике безопасности, средств спасения и организационных мероприятий в инвестиционных проектах;
- составление внутренних инструкций по технике безопасности на конкретном предприятии;
- регулярное проведение инструктажа по технике безопасности среди сотрудников производства;
- проведение контроля над состоянием средств защиты и выполнением работниками требований техники безопасности;
- проведение экологической экспертизы и контроль над рациональным использованием природных ресурсов;
- изучение воздействия человека и его деятельности, а также природных стихий на промышленные объекты.

*Важные качества специалиста техносферной безопасности.* Личные качества:

- ответственность;
- коммуникабельность;
- умение работать в команде;
- развитое перспективное мышление;
- аналитические способности;
- пространственное воображение;
- умение работать самостоятельно при минимальном контроле;

- способность принимать точные, взвешенные и ответственные решения;
- умение анализировать и систематизировать информацию;
- умение находить нестандартные решения в цейтноте;
- умение четко выполнять полученные инструкции;
- постоянное стремление к повышению квалификации;
- освоение технологических изменений и технических новшеств;
- хорошая физическая и психологическая форма.

*Профессиональные навыки:*

- компетентные знания в сфере деятельности, в которой специализируется;
- владение конструкторским программным обеспечением;
- умение работать с чертежами;
- знание материалов и системы стандартов техники безопасности;
- знание приёмов эксплуатации техники и оборудования на производстве;
- владение конструкторским программным обеспечением.

В данных специалистах заинтересованы не только владельцы предприятий, но и государство. Ведь от них зависит безопасность на рабочих местах, состояние экологии рядом с промышленными объектами [13]. Хотя они непосредственно не занимаются ликвидацией возникшей экологической катастрофы, они могут проанализировать ее последствия и работать во взаимодействии с другими службами.

Биосфера потеряла свой первоначальный вид и постепенно стала превращаться в техносферу.

В основу управления техносферной безопасности заложено несколько принципов:

1. Комплексность и системность - комплексный и системный подход к решению поставленных задач.
2. Демократический централизм - использование адекватного сочетания, как цен-

трализованного, так и децентрализованного метода управления.

3. Коллегиальность и единоначалие - все решения по управлению в области техносферной безопасности должны приниматься коллегиально (коллективно), учитывая мнение специалистов в различных областях. Но при этом ответственность за применение коллегиальных решений лежит на высшем руководстве.

4. Научность - система управления должна строиться исключительно на научно обоснованных фактах.

5. Сочетание территориального и отраслевого подхода в управлении. Такой принцип подразумевает использование методов, как отраслевого управления, так и территориального.

Кроме принципов управления существуют и методы управления:

1. Социально - экономический метод. Данный метод основан на материальное вознаграждение сотрудников, может способствовать их более качественной работе.

2. Экономический метод. Данный метод основан на материальной заинтересованности сотрудников, поскольку данный метод стимулирует инициативность среди персонала, повышает эффективность организации.

3. Административные методы основаны на жестком подчинении сотрудников и беспорном выполнении ими указаний, которые часто носят вынужденный характер. Такой метод применяется, если разнообразие выбора альтернативных решений минимально.

4. Социально - психологические методы. Такой метод двух видов. Первый вид подразумевает создание благоприятного психологического климата в отношениях между работниками и руководством. Второй вид связан с предоставлением сотрудникам возможности реализации своих талантов, а также поощрения их в случае успеха.

5. Организационно - правовой метод. При таком методе структура организации и условия ее функционирования регламентируются обязанностями и правами работника.

Теплота широко используется во всех областях хозяйственной деятельности человека и его нормального жизнеобеспечения [6, 7].

Разработка теоретических основ теплотехники необходима для установления наиболее рациональных способов использования тепловой энергии, анализа экономичности рабочих процессов тепловых установок и создание новых, наиболее совершенных типов тепловых [14].

Невозможно представить жизнь современного общества без автомобилей, сельскохозяйственной техники, тепловых электростанций и котельных установок.

Можно с уверенностью сказать, что научно-технический прогресс в ближайшем будущем позволит человеку использовать [3].

Различают два принципиально разных направления использования теплоты - энергетическое и технологическое [14, 15].

При энергетическом использовании, теплота превращается в механическую работу, с помощью которой в специальных установках (генераторах) создается электрическая энергия, наиболее удобная для передачи на значительное расстояние. Теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или непосредственно в двигателях внутреннего сгорания.

При технологическом использовании тепловой энергии для направленного изменения механических, физических свойств различных тел (расплавления, затвердевания, изменения структуры) [15].

Тепловую энергию при этом получают сжиганием энергетического топлива в котельных установках или в двигателях внутреннего сгорания.

Для обеспечения техносферной безопасности любых технологических процессов и производств необходимо по возможности:

1. Предотвратить образование источников зажигания.

2. Исключить возможность взаимодействия горючей среды с источником зажига-

ния.

Разработка теоретических основ теплотехники необходима для:

1. Рационализации способов использования теплоты;
2. Проведение анализа экономичности процессов;
3. Создание комбинаций тепловых процессов для увеличения их эффективности;
4. Создание и совершенствования тепловых агрегатов.

Теплота широко используется во всех областях хозяйственной деятельности человека и его нормального жизнеобеспечения. Разработка теоретических основ теплотехники необходима для установления наиболее рациональных способов использования тепловой энергии, анализа экономичности рабочих процессов тепловых установок и создания новых, наиболее совершенных типов тепловых.

В процессе своей жизнедеятельности люди преобразовывали окружающую среду, биосферу, в результате чего на планете осталось мало территорий с ненарушенными экосистемами.

С появлением людей на Земле началось влияние их деятельности на круговорот вещества и энергии в биосфере. Это способствовало изменению, как процессов миграции веществ, так и изменению потоков энергии в окружающей среде. На путь, который усиливает конфронтацию с биосферой, предки современного человека вступили около 1,5-3 млн. лет назад, когда впервые зажгли костер.

Сейчас основным источником тепла, используемым человечеством, является природное ископаемое топливо, которое выделяет тепло при сжигании. Есть твердое, жидкое и газообразное топливо. Наиболее известные виды твердого топлива:

- древесина (дрова, щепа, опилки, пиллеты, брикеты, кора);
- уголь (бурый, каменный); торф; горючие сланцы.

Перечисленные выше виды топлива яв-

ляются органическими, то есть происходят из растительного мира. Различие состоит в химическом возрасте – биомасса в болотах преобразуется в торф, далее в бурый уголь и, в конце концов, становится каменным углем. Самым простым быстро возобновляемым видом топлива есть древесина: дрова, горбыли, опилки, щепа, кора, пиллеты, топливные брикеты.

Древесина (рис. 1) как топливо характеризуется высоким выходом летучих горючих веществ – до 85 % и незначительным содержанием золы – в среднем до 1 %, а также отсутствием серы (основного коррозионного компонента дымовых газов).

Теплота сгорания равна в среднем 18,67 МДж/кг (4460 ккал/кг)

Этот факт весьма выгоден как с точки зрения эффективности эксплуатации. Так и с экологической точки зрения. Так и как сжигание дров наименее вредно для атмосферы, а при использовании современных котлов – котлов длительного горения, и пиролизных котлов, которые специально спроектированы для работы на дровах, дает возможность получать дешевое и эффективное отопление и водоснабжение [1].



Рис. 1. Древесина

Ископаемый уголь делится на бурый, каменные и антрацитные породы. Бурый уголь (рис. 2) содержит много влаги, соединяется легко с кислородом воздуха и при длительном хранении на воздухе сильно выветривается и рассыпается в порошок. Кроме того, бурый уголь обладает большой склонностью к самовозгоранию, то есть является пирофором.



Рис. 2. Бурый уголь

По своей структуре отличается повышенным содержанием балласта (несгораемого остатка) и необычно высокой гигроскопичностью, вследствие данного процесса влажность бурых углей достигает 17-55 %. Бурый уголь не спекается, отличается большим выходом летучих горючих веществ на горючую массу (33,5-58,5 %) и зольностью на сухую массу (10,5-34 %) и повышенным содержанием серы (0,6-5,9 %). Теплота сгорания колеблется от 10,7 до 17,5 МДж/кг (4177 ккал/кг).

Каменный уголь подразделяется на длиннопламенные, газовые, паровичные жирные, коксовые паровичные спекающиеся и тощие породы. Каменный уголь отличается большой теплотой сгорания – 21,2-28,07 МДж/кг (5097-6700 ккал/кг). Выход горючих летучих веществ равен 3,5-45 %.

Антрациты – это старейшие по происхождению каменные угли, отличающиеся большой твердостью, трудно загорается, горит коротким пламенем.

К антрацитам относят угли с выходом летучих горючих веществ – 7-9 %, теплота сгорания горючей массы – 24,35-27,24 МДж/кг (5800-6500 ккал/кг)

Торф – является самым молодым ископаемым видом топлива – его извлекают из болот различными способами, затем сушат и брикетируют – по своим свойствам торф близок к дровам.

Торф характеризуется средним уровнем влажности (30-55 %), который зависит от способа добычи и сушки. Зольность торфа колеблется от 7 до 15 %. Теплота сгорания торфа 8,38-10,72 МДж/кг (3511-4492 ккал/кг).

Торф в качестве топлива стали использовать значительно раньше, чем ископаемый уголь, но в последнее время он вытеснялся более удобными в использовании дровами и каменным углем. Хотя он имеет довольно высокий потенциал и низкую себестоимость.

Горючие сланцы (рис. 3) – это продукты разложения растительных остатков, осевших на дне больших водоемов; смешиваясь с минеральными осадками, образовывалось илистое вещество – сапропель, которое обогащаясь водородом, уплотнялось и превращалось в горючие сланцы.

Сланцы имеют в среднем теплоту сгорания 10,4 МДж/кг (2477 ккал/кг), при их сжигании образуется очень большое количество золы 64,5 % Выход летучих веществ у сланцев очень высок – 90 %, влажность низкая – 13 %.

Высокая зольность и низкое распространение – привело к тому, что горючие сланцы являются довольно редким видом топлива по сравнению с углем и дровами [2].



Рис. 3. Горючие сланцы

Естественным жидким топливом является нефть, которая добывается из недр земли и является смесью практически чистых углеводородов. Состав горючей массы различных месторождений колеблется в пределах: 84–86 % C<sup>r</sup>; 11–14 % H<sup>r</sup>; 0,1–2 % O<sup>r</sup>; 0,02–1,7 % N<sup>r</sup>; 0,01–5,5 % S<sup>r</sup>.

Различные месторождения отличаются по содержанию метановых, нафтеновых и ароматических углеводородов, а также по плотности. Само масло редко используется для выработки тепла. На нефтеперерабатывающих заводах бензин производится из нефти - топлива для автомобильных и порш-

невых авиационных двигателей; керосин - для реактивных самолетов и некоторых поршневых двигателей; различные виды дизельного топлива и мазута, в основном используемые на тепловых электростанциях [11, 12, 16]. Газообразное топливо - это природный газ, состоящий из метана и других углеводородов. Древесина (дрова и древес-

ные отходы) также служит топливом в относительно небольших масштабах [4].

Также, для выработки тепла, используется ядерное топливо. Оно применяется на атомных электростанциях для производства тепла. Тепло создается, когда ядерное топливо подвергается ядерному делению.

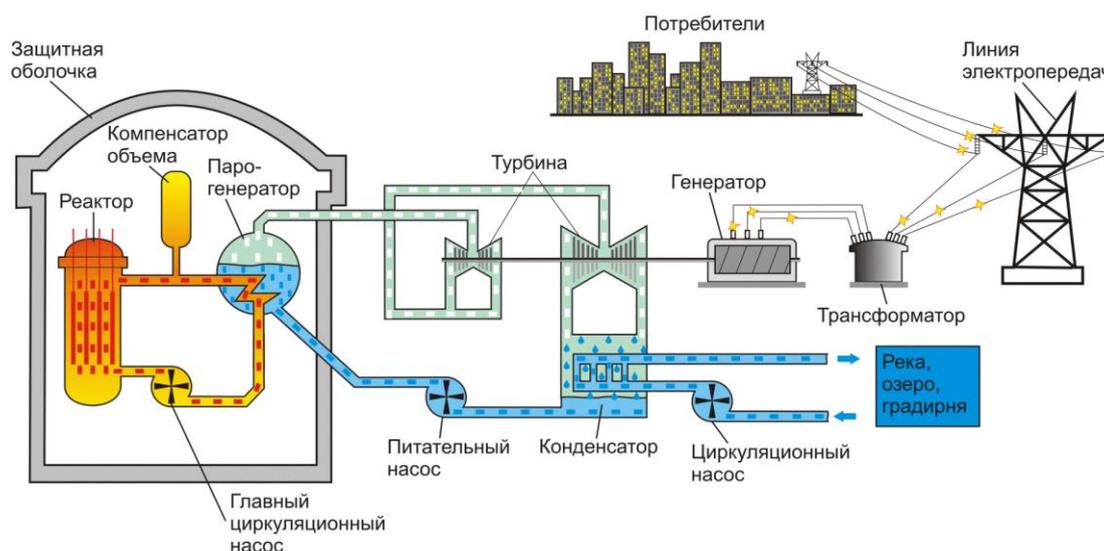


Рис. 4. Схема работы АЭС

В Советском Союзе была построена первая в мире АЭС. В настоящее время в мире работают десятки атомных реакторов, рисунок 4.

Атомная энергетика имеет ряд очень важных преимуществ. Поэтому ее применение очень выгодное. К набору преимуществ этой отрасли относится:

- отличные показатели энергоемкости;
- возможность повторного использования топлива;
- минимум выбросов в окружающую среду;
- позитивное влияние на другие отрасли экономики.

Атомная энергетика остается наиболее перспективной. На сегодняшний день не существует достойной альтернативы. Новые достижения и открытия могут лишь укрепить ее позиции, как это происходило во времена Советского Союза.

Создавая техносферу, человек стремился к повышению комфортности среды обитания, обеспечению защиты от естественных негативных воздействий. Все это благоприятно отразилось на условиях жизни и в совокупности с другими факторами сказалось на качестве и продолжительности жизни. Однако созданная руками человека техносфера не оправдала во многом надежды людей.

Широкое использование тепловой энергии не только на электрических станциях, но и в других отраслях промышленности и на транспорте делает понимание процессов и знание конструктивных схем, применяемых современной теплотехникой, необходимыми при подготовке инженеров техносферной безопасности [11, 12, 16]. Знание закономерностей различных теплофизических процессов является необходимым при разработке мер предупреждения и способов ликвидации последствий разного рода чрезвычай-

чайных ситуаций, во многих случаях сопровождающихся пожарами и взрывами [17].

Источников всех экологических бедствий стали техногенные аварии и катастрофы, так как при них стали происходить наиболее значительные выбросы и разливы загрязняющих веществ [8-10, 13]. Зонами наиболее высокого риска загрязнения окружающей среды вследствие техногенных аварий и катастроф стали промышленные районы, а также крупные города и мегаполисы [5]. Наиболее оптимальный выход применение альтернативных источников энергии на основе гидридов металлов и сплавов, более экологичных и теплоемких [14, 15, 18].

Можно сделать вывод, что теплотехника изучает теоретические законы, в которых исследуются законы превращения и свойства тепловой энергии, а также процессы распространения теплоты, что позволяет широко использовать эту науку при прогнозировании и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

### Библиографический список

1. Баранов В.М. Основы теплоиспользования: учеб. пособие / В.М. Баранов, В.В. Литвинчук. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС. 2005. 82 с.
2. Геращенко О.А. Тепловые и температурные измерения: справочное руководство / К.: Наукова думка. 1965. 304 с.
3. Замалеев З.Х. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание / З.Х. Замалеев, В.Н. Посохин, В.М. Чефанов / М.: АВС. 2014.
4. Лариков Н.Н. Теплотехника: учеб. для вузов. 3-е изд. / Перераб. и доп. Изд. Стройиздат. 1985. 432 с.
5. Теплотехника: учеб. для вузов / А.П. Баскаков, Б.В. Берг, О.К. Витт и др.; Под ред. А.П. Баскакова. 2-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат. 1991. 224 с.
6. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Автоматизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок // Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.
7. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.
8. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.
9. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.
10. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.
11. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлева А.И. Оценка биолого-социальных последствий горения нефти и нефтепродуктов на поверхности водоемов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 55-60.
12. Звягинцева А.В., Самофалова А.С., Кульнева В.В. Информационно-аналитический расчет и построение карт рассеивания загрязняющих веществ при стоянках железнодорожных цистерн с нефтепродуктами // Моделирование систем и процессов. 2020. Т. 13. № 2. С. 22-32.
13. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Регулирование технологического риска посредством оптимизации программы технического обслуживания оборудования // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 76-78.
14. Шалимов Ю.Н., Звягинцева А.В., Помигуев А.В., Руссу А.В. Электрохимические технологии реализации систем безопасного хранения водорода // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2018. Т. 14. № 3. С. 163-170.
15. Звягинцева А.В. Перспективы развития альтернативных источников энергии: водород в металлах и сплавах, полученных методом электрокристаллизации // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2016. Т. 12. № 4. С. 97-104.
16. Звягинцева А.В., Тенькаева А.С., Мозговой Н.В. Воздействие состава природной воды на коррозионную стойкость стали Х40 магистральных трубопроводов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 5. С. 276-282.
17. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Комплексная очистка нефтесодержащих сточных

вод // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 6. С. 61-62.

18. Zvyagintseva A.V., Shalimov Yu.N., Lutovats M.V. To the feature of behavior of hydro-

gen in the metals and alloys, got electrolysis, and possibility of their application in alternative energy sources // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 21 (185). С. 107-111.

#### Информация об авторах

**Пробст Анна Константиновна** – студентка, ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Донецкая Народная Республика, г. Донецк, улица Розы Люксембург, дом 34а), e-mail: Serg-onis@mail.ru

**Онищенко Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Донецкая Народная Республика, г. Донецк, улица Розы Люксембург, дом 34а), тел.: +7-062-332-1725

#### Information about the authors

**Anna K. Probst**, student, State Educational Institution «Academy of Civil Protection» of the Ministry of Emergency Situations of the DPR, (Donetsk People's Republic, Donetsk, Rosa Luxemburg Street, 34a), e-mail: Serg-onis@mail.ru

**Sergey A. Onishchenko**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, State Educational Institution «Academy of Civil Protection» of the Ministry of Emergency Situations of the DPR, (Donetsk People's Republic, Donetsk, Rosa Luxemburg Street, 34a), ph.: +7-062-332-1725

УДК 614.8(075.8)

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРАВЛИКИ ДЛЯ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

**А.Л. Довбня, С.А. Онищенко**

*Академия гражданской защиты МЧС ДНР*

**Аннотация:** проанализированы сведения о зарождении и роли гидравлики в пожарном деле. Оценены возможности способов и средств пожаротушения, а также пути прекращения процесса горения на примере пенных огнетушителей

**Ключевые слова:** гидравлика, способы и средства пожаротушения, пенные огнетушители

## APPLICATION OF HYDRAULICS FOR METHODS AND MEANS FIRE FIGHTING

**A.L. Dovbnya, S.A. Onishchenko**

*Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the DPR*

**Abstract:** the information about the origin and role of hydraulics in fire fighting is analyzed. The possibilities of methods and means of fire extinguishing, as well as ways to stop the combustion process are evaluated using the example of foam fire extinguishers Gorenje

**Keyword:** hydraulics, methods and means of fire extinguishing, foam fire extinguishers

Введение. Для борьбы с источником возгорания люди издавна использовали воду. Поэтому решения противопожарного водоснабжения всегда были центром внимания при борьбе с этой опасной стихией [1-5].

Пожары являются неконтролируемым процессом горения, которые наносят огромный материальный ущерб, а также часто сопровождаются гибелью людей. Поэтому противопожарная безопасность является основным пунктом в жизни каждого человека. Целью противопожарной безопасности является поиск наиболее эффективных, экономных и максимально современных способов ликвидации пожаров. Противопожар-

ные меры обязательны к соблюдению каждым человеком, а в особенности ответственных за пожарную безопасность каких-либо предприятий, учреждений и любых других крупных сооружений [6, 7]. Базовые сведения проанализированы в табл. 1.

Для борьбы с пожарами, сопровождающимися уничтожением материальных ценностей и создающими опасность для жизни людей, человечество издавна использовало воду [4, 6, 10, 11]. Поэтому вопросы противопожарного водоснабжения всегда были в центре внимания при борьбе с этой грозной стихией.

Противопожарное водоснабжение - комплекс сооружений, с помощью которых обеспечивается подача воды к месту пожа-

ра, - это прикладная инженерная дисциплина, исходящая от науки, название которой гидравлика.

Понятие гидравлики, её основные цели и задачи. Противопожарное водоснабжение - комплекс сооружений, с помощью которых

обеспечивается подача воды к месту пожара, - это прикладная инженерная дисциплина, отпочковавшаяся от науки, название которой гидравлика [2], базовые моменты реализованы в табл. 2.

Таблица 1

Основополагающие термины ПБ

№ п/п	Базовые понятия пожарной безопасности (ПБ) [1, 8, 9]
1.	Пожар - неконтролируемый процесс горения, сопровождающимся уничтожением материальных ценностей и создающим опасность для жизни людей.
2.	Пожарная безопасность это состояние объекта, при котором исключается возможность возникновения неконтролируемого процесса горения, а в случае его возникновения используются определенные меры по его устранению с минимальной потерей материальных ценностей и человеческих жизней.
3.	Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты.
4.	Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара и уменьшение его последствий.

Таблица 2

Основополагающая концепция гидравлики

№ п/п	Базовые понятия гидравлики [1]
1.	Наука, изучающая законы равновесия и движения жидкостей и разрабатывающая пути приложения этих законов к решению практических инженерных задач называется гидравликой.
2.	Фундаментом гидравлики являются точные, математически строгие основные законы, полученные в гидромеханике.
3.	Опираясь на эти законы, гидравлика разрабатывает практические расчетные зависимости, которые можно легко и просто использовать для расчета гидравлических машин и механизмов, расчета движения и покоя жидкости.
4.	Соответственно гидравлику делят на две части: основы гидромеханики и практическую гидравлику. В свою очередь гидромеханика состоит из гидростатики и гидродинамики.

Знание законов гидравлики нужно при экспертизе проектов и ревизии систем противопожарного водоснабжения, автоматических установок пожаротушения, систем аварийного слива легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, при установлении радиуса действия струй, применяемых в пожарном деле, и их реакции, для точной эксплуатации и выбора типа пожарных насосов [8, 9].

Гидравлика обычно делится на две составляющие: теоретические основы гидравлики, где излагаются основные положения

учения о равновесии и движении жидкостей, и практическую гидравлику, использующую эти положения для решения общих вопросов инженерной практики.

Гидравлика является одним из фундаментальных предметов, знание которого необходимо инженеру противопожарной безопасности [1].

Практическая гидравлика изучает течение по трубам (гидравлика трубопроводов), течение в каналах и реках (гидравлика открытых русел), истечение жидкости из отверстия и через водосливы, движение в по-

ристых средах (фильтрация), взаимодействие потока и твердого преграждения (гидравлика сооружений) [7, 10-12]. К практической гидравлике также относится и противопожарное водоснабжение.

Отдельные принципы гидростатики (раздела гидромеханики, в котором изучают равновесие жидкости и воздействие покоящейся жидкости на погруженное в нее тело) были обнаружены еще Архимедом - древнегреческим ученым, математиком и механиком. Водоподъемный механизм, так называемый архимедов винт, представлявший прообразом корабельных, а также воздушных винтов был придуман именно им. Изучением гидравлики в XX в. занимались ученые Н.И. Великанов, Л.Г. Лойцянский и другие, принося огромную пользу в развитие этой науки.

Появление гидродинамики (раздела гидромеханики, в котором изучаются движение несжимаемых жидкостей и взаимодействие их с твердыми телами) также имеет отношение к временам античности.

Формирование гидравлики как науки начинается в середине XV в., когда Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.) своими лабораторными опытами положили начало экспериментальному методу в гидравлике. Его новаторские проекты каналов и ирригационных систем имеют непреходящее значение. Позже были разработаны основы гидростатики как науки и выведена известная формула для скорости жидкости, вытекающей из отверстия.

В XX в. быстрое развитие гидротехники, гидромашиностроения, теплоэнергетики, а также авиационной техники привел к интенсивному становлению гидравлики, которое характеризуется совокупностью теоретических и экспериментальных методов. Если ранее гидравлика изучала лишь одна жидкость - вода, то в сегодня все большее внимание уделяется исследованию закономерностей движения вязких жидкостей (нефти и ее продуктов), газов, неоднородных и Ньютоновских жидкостей [3].

Пожарное водоснабжение. В наши дни при помощи законов гидравлики развивается и пожарное дело. Общественные, жилые, административные, и производственные по-

стройки оснащают объединенным хозяйственно - пожарным водопроводом.

В зданиях повышенной этажности, театрах, производственных зданиях большой площади и высоты устраивают специальные противопожарные водопроводы. С формированием водоснабжения населенных районов и промышленных предприятий происходит совершенствование их противопожарного водоснабжения [7, 10, 11].

Водопроводная техника делала большие успехи. При этом много труда в разработку научных вопросов и инженерных основ водопроводной техники вложили известные русские ученые и инженеры В.Е. Тимонов, К.М. Игнатов, Н.К. Чижов, Н.И. Зимин.

Новые задачи, которые ставятся перед экспертами по противопожарному водоснабжению, должны быть решены с использованием всех достижений научно-технического прогресса наиболее разумно и наиболее экономично [4, 12, 13].

Описывание и интерпретация базисных ресурсов. Функционирование изучаемой информации на объектах техносферы и ее реализация проиллюстрирована в табл. 3-5.

Спецификация огнегасящих предикторов оснащения ресурса и инструмента для ликвидации (гашения) источников возгорания [15, 16].

Приоритетные процедуры пожаротушения обоснованы в табл. 6.

Химическая пена образуется при взаимодействии щелочного и кислотного растворов в присутствии пенообразователя, при этом образуется газ  $\text{CO}_2$ . Возникает стойкая пена, которая длительное время остается на поверхности горючего вещества, которое горит.

Воздушно - механическая пена образуется за счет выдувания пузырьков с пленки, образованной из раствора воды и пенообразователя на сетках пенных пожарных стволов.

Таблица 3

Принципиальные атрибуты протекания горения

№ п/п	Базовые характеристики процесса горения [3, 8, 9]
1.	Процесс горения - это одновременное сочетание горючего вещества, окислителя и источника зажигания при условии непосредственного поступления теплового потока от очага пожара до горючего вещества. Горение прекращается при условии прекращения действия любого из этих компонентов.
2.	Основными способами прекращения процесса горения являются:
2.1.	Прекращение доступа кислорода в очаг горения или разбавление воздуха негорючими газами.
2.2.	Снижение температуры горючего вещества до уровня ниже температуры воспламенения.
2.3.	Снижение концентрации горючего вещества негорючими материалами и его поступление в зону горения.
2.4.	Изоляция очага от кислорода воздуха и интенсивное торможение скорости протекания химических реакций (ингибирование).
2.5.	Механическое сбивание пламени мощной струей воды, порошка или инертного газа.

Таблица 4

Функциональные признаки подбора процедур, приемов и ресурсов пожаротушения

№ п/п	Базовые характеристики отбора способов и средств тушения пожаров
1.	Отбор способов и средств тушения пожаров, а также огнетушитель веществ и их носителей определяется в каждом конкретном случае в зависимости от стадии развития пожара, масштабов загорания, особенностей горючих веществ и материалов, экономической целесообразности и технической возможности [13, 14].
2.	При отборе средств пожаротушения учитывают возможность получения наилучшего огнетушащего эффекта при минимальных затратах.
3.	Все существующие огнетушащие средства, как правило, имеют комбинированное действие на процесс горения, однако для каждого огнетушащего средства характерно какое-то одно доминирующее свойство, в зависимости от условий их использования.
4.	Для тушения используется вода и водяной пар, химическая и воздушно-механическая пена, инертные и негорючие газы, азот и углекислота, галоген углеводородные соединения, сухие порошки, песок (земля), плотная ткань — войлок, асбест.
5.	Не существует универсального огнетушащего средства, а при использовании отдельно каждого из названных, огнетушащий эффект не будет одинаковым.
6.	Для прекращения процесса горения одного и того же горючего вещества в ряде случаев используются различные огнетушащие средства.

Таблица 5

Ключевые физико-химические показатели  
H<sub>2</sub>O - базис ликвидации источников возгорания

№ п/п	Базовые характеристики воды – базовое средство пожаротушения [3, 13, 14]
1.	Для тушения подавляющего большинства пожаров чаще всего используют воду, которая по сравнению с другими огнетушащими веществами имеет высокую теплоемкость. Один литр воды при нагревании от 0° до 100 °С поглощает 120 кДж теплоты, а при испарении еще 2260 кДж, что дает высокий охлаждающий эффект.
2.	Вода имеет высокую термическую стойкость, разложения ее на водород и кислород происходит при температуре более 1700 °С, что является безопасным для тушения большинства пожаров, стандартная температура которых не превышает 1200 - 1400 °С.

Продолжение табл. 5

3.	Вода при контакте с высокотемпературным очагом превращается в пар, увеличиваясь при этом в 1700 раз, чем вытесняет кислород из воздуха до концентрации, не поддерживающей процесс горения.
4.	Струя воды, направленная на горящее вещество, смачивает те ее части, которые еще не горят, образуя тонкую пленку, уменьшающую доступ горючих веществ в зону горения. Сильная струя воды сбивает пламя, что облегчает процесс тушения пожара.
5.	Для пожаротушения водой используют пожарные стволы и рукава, пожарные гидранты, спринклерные и дренчерные установки, пожарные кран-комплекты, которые могут подавать воду компактными и тонко распыленными струями (капли диаметром до 100 мкм).
6.	Компактными струями тушат пожары, когда необходимо подать воду на большое расстояние или придать им значительную ударную силу с большой дальностью полета.
7.	Тонкораспыленными струями эффективно гасят твердые горючие, волокнистые вещества, горючие и даже легковоспламеняющиеся жидкости. Тонкораспыленные струи воды неэлектропроводные, а, следовательно, ими можно гасить электроустановки, горящие под напряжением со значительно меньшими затратами воды. При подаче такими струями воды создаются благоприятные условия для ее испарения чем усиливается эффект охлаждения и разбавления горючей среды.
8.	Тушить пожары можно водяным паром, преимущественно твердых, жидких и газообразных веществ, находящихся в закрытых помещениях. Такое тушение основывается на снижении в очаге горения процентного содержания кислорода. Если в воздухе по объему будет водяной пар в количестве 30-35 %, процесс горения прекращается. Такой способ тушения используется в условиях, где есть источник создания необходимого количества водяного пара.

Таблица 6

Принципиальные технические признаки оснащения  
для гашения источников возгорания

№ п/п	Характеристика огнетушащих свойств средств пожаротушения [12, 13, 15, 17]
1.	Для тушения пожаров легковоспламеняющихся и горючих веществ используют химическую или воздушно-механическую пену, что представляет собой коллоидную систему, которая состоит из пузырьков газа, окруженных пленкой поверхностно-активных веществ и стабилизаторов.
2.	Огнетушащий эффект пены обусловлен прежде всего ее изоляционным действием, а следовательно способностью препятствовать поступлению в зону пламени горючих паров и кислорода, что тормозит процесс дальнейшего горения. Изолирующее действие пены связано с ее физико-химическими свойствами и структурой, а эффект действия зависит от толщины слоя пены, природы горючего вещества и температуры горящих поверхностей.
3.	Кратность пены определяет отношение ее объема к объему жидкой фазы, из которой она образовалась. С течением времени пена разрушается, что объясняется ее старением и действием высоких температур поверхностей, на которые она наносится.
Пенные огнетушители	
1.	Пенные огнетушители по параметрам формируемого ими пенного потока разделяют на огнетушители:
1.1.	Генераторами пены низкой кратности (кратность пены от 5 до 20 включительно).
1.2.	Генераторы пены средней кратности (кратность пены свыше 20 до 200 включительно).

Огнетушащие свойства пены определяются определенным охлаждающим действием и такими характеристиками, как: кратность, устойчивость и вязкость.

Пены средней и высокой кратности применяют для тушения пожаров в подвалах, кабельных тоннелях, трюмах кораблей. В этом случае тушение пожаров происходит за счет вытеснения пеной воздуха из зоны горения. Стойкость пены характеризует ее сопротивление процессу разрушения и оценивается временем выделения из пены 50 % жидких компонентов. Пены, обладающие высокой кратностью, являются менее устойчивыми и имеют худшую изолирующую способность. Вязкость - это способность пены удерживаться на вертикальных и наклонных поверхностях. С повышением вязкости устойчивость пены возрастает [3].

Пенные огнетушители по принципу вытеснения огнетушащего вещества огнетушители подразделяют на:

1. Закачные.
2. С баллоном сжатого или сжиженного газа.

Огнетушитель состоит из корпуса для хранения огнетушащего вещества и запорно-пускового устройства.

Запорно-пусковое устройство состоит из:

1. Головки.
2. Насадки-распылителя или гибкого рукава с насадкой.
3. Ручки для транспортировки и рычага управления подачей огнетушащего вещества.
4. Предохранительной чеки от случайного срабатывания.
5. Клапана перекрытия подачи огнетушащего вещества.
6. Сифонной трубки.
7. Источника избыточного давления - газовый баллон или газогенерирующий элемент.
8. Кнопки взведения. В закаченных огнетушителях газ-вытеснитель находится в корпусе.
9. Устройств, предотвращающих превышения давления выше допустимого.

Источник избыточного давления в передвижных огнетушителях находится снаружи корпуса. Кроме того, закачные огнетушители оснащаются манометрами или ин-

дикаторами давления. Внутренняя поверхность корпуса огнетушителя покрыта эпоксидной эмалью [18].

Огнетушитель закачного типа работает следующим образом: при нажатии на рычаг рукоятки металлический шток с клапаном опускается вниз, сжимая пружину пускового устройства. Под действием чрезмерного давления рабочего газа раствор воды по сифонной трубке поднимается вверх и через насадку выбрасывается наружу.

Для приведения огнетушителя в действие необходимо поднести его к месту горения, удерживая за ручку, установленную на корпусе огнетушителя, нажать на рычаг и направить струю жидкости на очаг пожара.

Выводы.

1. Пенные огнетушители рекомендовано применять для тушения горючих жидкостей, а также твердых горючих материалов.

2. Их нельзя устанавливать возле нагревательных приборов, а также применять для тушения пожаров в электроустановках, проводниках и приборах, находящихся под напряжением.

3. Их не применяют для тушения возгораний щелочных металлов [18].

4. Выбор огнетушителя предопределяется спецификой объекта техносферы.

### Библиографический список

1. Абросимов Ю.Г., Иванов А.И., Качалов А.А. и др. Гидравлика и противопожарное водоснабжение: учебник для слушателей и курсантов пожарно-технических образовательных учреждений МЧС России // М.: Академия ГПС МЧС России/ 2003. 422 с.
2. Гидравлика. Методические материалы для студентов второго курса /А.К. Мазуров, В.В. Крамаренко, О.Г. Савичев. // Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2009. 112 с.
3. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. - 2-е изд., перераб. // М.: Химия. 1981. 272 с.
4. Звягинцева А.В., Чекашев К.В., Федянин В.И. Анализ техногенного загрязнения природной среды Воронежской области // Техноло-

гии гражданской безопасности. 2006. Т. 3. № 2 (10). С. 96-98.

5. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Анализ статистики столкновений воздушных судов с птицами за 2002-2012 годы и современные средства обеспечения орнитологической безопасности полётов // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 65-77.

6. Яковлев Д.В., Звягинцева А.В. Построение межотраслевой комплексной геоинформационной системы Воронежской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1-3. С. 923-930.

7. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Локализация объектов в распределенной системе видеонаблюдения // Информация и безопасность. 2010. Т. 13. № 4. С. 583-586.

8. Звягинцева А.В., Яковлев Д.В. Перспективы пространственного анализа в географических информационных системах для прогнозирования риска лесных пожаров на территории Воронежской области // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 78-88.

9. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлев Д.В. Современные проблемы оценки последствий лесных пожаров и методы их решений // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 98-102.

10. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Система видеонаблюдения и локализация природных объектов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 12. С. 107-109.

11. Аржаных Ю.П., Долженкова В.В., Звягинцева А.В. Прогнозирование гидрологической обстановки в период половодья на водных объ-

ектах Воронежской области с применением географических информационных систем // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 89-98.

12. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Автоматизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок // Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.

13. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.

14. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.

15. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.

16. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.

17. Противопожарное водоснабжение: учебное пособие / А.С. Абрамов, П.П. Кокухин, Ю.И. Савченко // Омск: Изд-во ОмГТУ. 2009. 204 с.

18. Собурь С.В. Огнетушители: Справочник. - 3-е изд., доп. (с изм.) // М.: Пожкнига. 2004. 96 с.

#### Информация об авторах

**Довбня Алексей Леонидович** – курсант, ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Донецкая Народная Республика, г. Донецк, улица Розы Люксембург, дом 34а), e-mail: Serg-onis@mail.ru

**Онищенко Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Донецкая Народная Республика, г. Донецк, улица Розы Люксембург, дом 34а), тел.: +7-062-332-1725

#### Information about the authors

**Alexey L. Dovbnya**, cadet, State Educational Institution «Academy of Civil Protection» of the Ministry of Emergency Situations of the DPR, (Donetsk People's Republic, Donetsk, Rosa Luxemburg Street, 34a), e-mail: Serg-onis@mail.ru

**Sergey A. Onishchenko**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, State Educational Institution «Academy of Civil Protection» of the Ministry of Emergency Situations of the DPR, (Donetsk People's Republic, Donetsk, Rosa Luxemburg Street, 34a), ph.: +7-062-332-1725

UDC 614.8.; 159.99.

## PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF TECHNOSPHERE SAFETY

**M.B. Yuldasheva**

*Ferghana State University*

**Abstract:** this article reveals the main issues of behavior of the population and rescuers in natural disasters and technical disasters, as well as issues of psychological preparedness and prevention of panic in emergency situations. This will help to form the skills of correct and safe behavior in extreme situations

**Keywords:** emergency situation, medical and psychological protection, psychological tension, man-made emergency, mental

## ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**М.Б. Юлдашева**

*Ферганский государственный университет*

**Аннотация:** данная статья раскрывает основные вопросы поведения населения и спасателей при стихийных бедствиях и технических катастрофах, а также вопросы психологической готовности и предупреждения паники при чрезвычайных ситуациях. Это поможет сформировать навыки правильного и безопасного поведения в экстремальных ситуациях

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, медико-психологическая защита, психологическая напряженность

The negative effects of environmental factors are mainly manifested in emergency situations. These situations can be the result of both natural disasters and human production activities. In order to localize and eliminate the negative impacts that arise in emergency situations, special services are being created, legal bases are being developed, and basic methods of medical and psychological protection are being formed. In Resolution number 455 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan dated October 27, 1998 states that an emergency situation is a situation in a certain territory that has developed as a result of an accident, catastrophe, natural disaster, epidemic, epizootic, which may or may have caused human casualties, damage to human health or the environment significant material losses and disruption of human life. Emergencies are classified according to the causes of their occurrence and depending on the number of people affected in these situations, the amount of material damage and the scale (boundaries of zones), emergencies are divided into local, national and cross-border [1-5].

An emergency of a man-made nature is an unfavorable situation in a certain territory that has developed as a result of an accident, catastrophe or other disaster that can attract or entail human casualties, damage to human health, the

environment, significant material losses and violations of human life. To attribute an event to an emergency of a man-made nature, there must be signs: the situation develops as a result of an accident, catastrophe or other disaster; the presence or possibility of severe consequences; the man-made nature of the event (related to human activities).

Any man-made emergency situation has its own causes, damaging factors and peculiar consequences that can cause harm to human health and the national economy. Under the influence of such negative influences, the world around us changes, it becomes unstable, changes in life occur, irreversible changes occur in the human body, etc.

Practice shows that it is impossible to completely eliminate negative impacts in the technogenic environment. To ensure protection in a man-made environment, it is only possible to limit the impact of negative factors, indicating their permissible levels, taking into account their simultaneous action. Compliance with these permissible levels of exposure and knowledge of the basic rules for ensuring personal safety in conditions of man-made accidents and catastrophes is the most optimal way to ensure safe human life.

The great importance is the training of the population in the rules of behavior in such situations, as well as the training of special personal in the field of life safety. Special conditions, in

which a person may find himself, as a rule, cause him psychological and emotional tension. As a result, in some it is accompanied by the mobilization of vital internal resources, in others by a decrease or even a breakdown of performance, deterioration of health, physiological and psychological stressful phenomena. It depends on the individual characteristics of the body, working conditions, education, awareness of events and understanding of the degree of danger.

Natural disasters, major accidents and catastrophes, their tragic consequences cause people great emotional excitement, require high moral and psychological fortitude, endurance and determination, readiness to help the victims, save the dying material values.

The heavy picture of destruction and devastation, the immediate threat to life negatively affect the human psyche. In some cases, they can disrupt the process of normal thinking, weaken or completely eliminate self-control, which leads to unjustified and unpredictable actions.

As a rule, overcoming fear contributes, first of all, a sense of personal responsibility, awareness of the significance of the work that is being done. The danger and risk to health, the importance of the work performed - all this raises the importance of what is done in their own eyes and in the opinion of society.

In untrained psychologically, not hardened people there is a sense of fear and the desire to escape from a dangerous place, in others - a psychological shock, accompanied by numbness of the muscles. At this point, the process of normal thinking is disrupted; the control of consciousness over feelings and will is weakened or completely lost. Nervous processes are manifested in different ways. For example, some pupils dilate say, "fear has big eyes", disturbed breathing, starts the heartbeat "the heart is ready to break out chest", spasms of peripheral blood vessels - "white chalk", cold sweat, weak muscles - "dropped his hands or his knees buckled", changing the tone of voice, and sometimes lost the power of speech. There are even cases of death in case of sudden fear from a sharp violation of the cardiovascular system.

This condition can be quite long - from several hours to several days. When dealing with the consequences of earthquakes and accidents, it is sometimes necessary to observe people who are in a state of mental depression, can

wander aimlessly around the ruins for a long time.

The unexpected occurrence of danger, ignorance of the nature and possible consequences of a natural disaster or accident, the rules of behavior in this situation, lack of experience and skills in dealing with the elements, poor moral and psychological preparation - all these are the reasons for such behavior of people.

In recent years, the need to provide medical and psychological assistance to victims of natural disasters, technical disasters, military operations, as well as social conflicts has become an objective basis for the development of the doctrine of reactive mental disorders. Analysis of the state of mental health of the population indicates an increase in non-psychotic, so-called borderline mental disorders, directly related to negative changes in the socio-economic situation and spiritual life of the general population [1].

Sometimes a significant part of the victims, especially those with unexpressed neurotic disorders, remain out of the field of view of specialists. The greatest number of sick people is observed in groups affected during and after emergencies. In all difficult situations, a decisive role is played by moral hardening, the mental state of a person. They determine the willingness to deliberate, confident and prudent action in all critical situations. In recent years, the basic principles of medical and psychological support of life safety in emergency situations have been developed.

The normalization of mental state of the population is largely facilitated by the clear organization of emergency rescue operations with the involvement of local residents who have retained the ability to consciously purposeful activities. At the same time, the main forms of relations between rescuers and the population should be respect, sympathy, and personal example. In the case when people are in a state of stupor, shock or panic, it is advisable to use a tough team style of communication with them.

Providing assistance to victims with mental disorders is one of the important factors in maintaining the efficiency of rescuers, increasing psychological stability and maintaining the psychoemotional balance of people. When providing assistance to persons who have suffered mental trauma as a result of emergency situations, the following principles should be known and applied:

1. Urgency-assistance to the victim must be provided as soon as possible. The more time passes since the injury, the higher the probability of chronic disorders and the appearance of irreversible changes in the body. The most effective assistance is provided in hot pursuit, in the first minutes and hours after a person is injured.

2. Proximity-help should be provided as close as possible to the place of events. In emergency situations, this means that if possible; avoid hospitalization of the victim with a mental injury or his evacuation to a medical institution. In other words, it is best to help him without changing the circumstances and social environment, trying to minimize the negative phenomena associated with the "implantation" of the victim in his illness.

3. Expectation – a person who has suffered a stressful situation should be treated not as a patient of a psychiatric clinic, but as a normal person whose condition is psychologically understandable and explicable by the event experienced. It is important to maintain the victim's confidence that he will soon return to his normal state, that he will again perform his work in full.

4. Unity of psychological impact-implies, firstly, that it comes either from one person, or a standard procedure for dealing with the victim is carried out. This principle takes into account the peculiarities of the mental state of the latter, which is not able to perceive multidirectional influences, remember many faces, as well as the sequence of medical and psychotherapeutic procedures.

5. The simplicity of psychological influence is closely related to the previous principle. It means that the impact is of the nature of first aid and is aimed, first of all, at relieving the victim of anxiety, stress, and his self-isolation by encouraging him to "speak out" his experiences, discuss the trauma received, the current state. Often, this help is expressed in simply taking a person away from the source of trauma, giving him a warm drink, food, rest, and an opportunity to speak out.

According to the theory of the "pyramid of needs" of the American psychologist A. Maslow, security is one of the basic needs (the second stage) for any individual and for society as a whole. This is confirmed by the fact that people, trying to ensure a certain level of security, put alarms on cars and apartments, insure

their lives if they start traveling, pay taxes and support the security system in the state, etc. The need for life safety is objective, since all people are vulnerable regardless of their level of wealth, moral level, or place of residence. Natural phenomena, cataclysms were earlier, are now and will be tomorrow. Protecting yourself and your loved ones in any emergency is really a value that has been passed on to people at the genetic level.

Thus, providing assistance to victims with mental disorders is one of the important factors in maintaining the efficiency of both rescuers and the population caught in the foci of damage, as well as increasing psychological stability and maintaining the psychoemotional balance of people.

In conclusion, we can draw about what should be done to avoid the depressed state of people in an emergency situation.

The first, it should be borne in mind that a person who has suffered a severe mental trauma, much faster restores mental balance, if it is involved in any physical work and not alone, but as part of a group.

The second, in order to reduce the negative impact on a person, we need constant preparation for actions in emergency situations, the formation of mental stability, and the education of the will. That is why the main content of psychological training is the development and consolidation of the necessary psychological qualities.

The third, it is of particular importance to prepare collectives - all workers of enterprises, organizations and institutions to increase resilience, to psychological stress, to develop endurance, self-control, steady aspirations to perform tasks, to develop mutual assistance and interaction.

We must remember that the level of psychological training of people is one of the most important factors. The slightest confusion and manifestation of fear, especially at the very beginning of an accident or disaster, at the time of the development of a natural disaster can lead to serious and sometimes irreparable consequences.

#### **Bibliographic list**

1. Antipov V.V. Psychological adaptation to extreme situations / Moscow: Vldos-press. 2002. 176 p.

2. Belasheva I.V. Psychology of extreme and emergency conditions: a textbook / I.V. Belasheva, A.V. Suvorova, I.N. Polshakova, N.V. Osipova, D.A. Ershova. Stavropol: Publishing House of NCFU. 2015. 262 p.

3. Gurenkova T.N., Eliseeva I.N., Kuznetsova T.Yu., Makarova O. L., Matafonova T.Yu., Pavlova M.V., Shoigu Yu.S. Psychology of extreme

situations for rescuers and firefighters / Moscow: Smysl. 2007. 319 p.

4. Organization of medical assistance to the population in emergency situations / V.I. Sakhno, G.I. Zakharov, N. I. Karlin, N.M. Pilnik / St. Petersburg: LLC – Foliant. 2003. 170 p.

5. Resolution number 455 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan dated October 27. 1998 - <https://lex.uz/docs/820596>

#### Информация об авторе

Юлдашева Махлиё Бахтиёрвна – преподаватель, Ферганский государственный университет (150100, Узбекистан, г.Фергана, ул. Мураббийлар, дом 19), e-mail: myuldasheva229@gmail.com

#### Information about the author

Mahlieh B. Yuldasheva, Lecturer, Fergana State University, (19, Murabbiylar str., Fergana, Uzbekistan, 150100), e-mail: myuldasheva229@gmail.com

УДК 331.46

## ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В УСЛОВИЯХ САНИТОРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РОССИИ

И.Е. Пылаева

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт*

**Аннотация:** оценка профессионального риска как составляющая функционирования системы управления охраной труда у работодателя проводится в целях снижения уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Представлены анализ и эффективность проведения оценки профессиональных рисков на рабочих местах в условиях санитарно-эпидемиологической обстановке

**Ключевые слова:** безопасность, профессиональные риски, опасность, заболевание, рабочие места, охрана труда, травматизм, идентификация опасностей

## ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL RISKS IN THE SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL SITUATION IN RUSSIA

I.E. Pylaeva

*State Saint-Petersburg Technology Institute*

**Abstract:** occupational risk assessment as a component of the functioning of the employer's occupational health and safety management system is carried out in order to reduce the level of occupational injuries and occupational diseases. The article presents the analysis and effectiveness of the assessment of occupational risks in the workplace in a sanitary and epidemiological situation

**Keywords:** safety, occupational risks, danger, disease, workplaces, occupational safety, injuries, hazard identification

Не смотря на не простые условия в современном мире работодателя, по-прежнему, обязаны соблюдать нормы и требования по организации труда своих работников. Сейчас основная цель - это защитить сотрудников от распространяющейся инфекции, создать все необходимые условия на рабочих местах [1-4]. Оценка профессиональных рисков одна из важнейших процедур, которые необходимо проводить [5].

Управление рисками на рабочем месте [1] по COVID-19 - применение методологий

безопасности и гигиены труда в отношении средств контроля опасности для предотвращения COVID-19.

Надлежащий контроль опасностей на рабочем месте, зависит от рабочего места и рабочего задания, и основан на оценке рисков источников влияния, серьезности вызова заболеваний в коллективе и факторов риска отдельных работников, которые могут быть уязвимыми для заражения COVID-19.

По данным Международной организацией труда (далее – МОТ) и Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, рабочие места с низким уровнем

риска, имеют наименьшие профессиональные контакты с общественностью и другими сотрудниками, для которых рекомендуются основные меры профилактики инфицирования. В том числе мытьё рук, поощрение работников оставаться дома, если они больны, дыхательный этикет и поддержание тщательной очистки и дезинфекции рабочей среды [2].

К работам со средним риском воздействия относятся те, которые требуют частого или близкого контакта с людьми, которым не известно или они не подозревают о наличии COVID-19, но они могут быть инфицированы через длительную передачу в обществе или международные путешествия. Сюда входят работники, взаимодействующих с широкой общественностью, например, в школах, рабочих средах с высокой плотностью и некоторых розничных предприятиях с большими объёмами торговли. В зависимости от сектора, существуют определённые рекомендованные процедуры защиты работников и случайных лиц, если присутствует человек с COVID-19.

MOT считает, что работники здравоохранения, которые сталкиваются с больным или подозреваемым на заражение COVID-19 лицом, имеют высокий риск воздействия, повышающийся до очень высокого уровня, если медицинские работники выполняют аэрозольные процедуры, или собирают или обрабатывают анализы взятые у больного или подозреваемого лица с COVID-19. Меры безопасности для этих работников предусматривают инженерные средства контроля, такие как помещения с вентиляцией отрицательного давления, и средства личной защиты, соответствующие рабочему заданию.

Вспышки COVID-19 могут иметь несколько последствий для рабочих мест. Работники могут отсутствовать на работе из-за того, что они болеют, нуждаются в уходе за другими или из-за опасения возможного заражения.

Модели торговли могут меняться, как с точки зрения того, какие товары нужны, так и способов приобретения этих товаров (например, покупки не в пиковые часы или путем доставки по адресу) [6].

Наконец, перевозки товаров из географических районов, которые сильно пострадали, от COVID-19 могут быть прерваны.

План обеспечения готовности к инфек-

ционным заболеваниям и мер может быть использован для руководства защитными действиями.

Планы касаются уровней риска, связанных с различными рабочими местами и рабочими задачами, в том числе источников влияния, факторов риска, возникающих дома или в условиях общественного пространства, и факторы риска отдельных работников, такие как преклонный возраст или хронические заболевания.

Они также определяют контроль, необходимый для устранения этих рисков, и планы на случай чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть в результате вспышек. Планы обеспечения готовности и реагирования на инфекционные заболевания могут быть подчинены национальным или международным рекомендациям.

Задачами для реагирования на вспышку являются снижение уровня передачи инфекции среди персонала, защита людей, которые подвергаются большему риску возникновения неблагоприятных осложнений для здоровья, поддержание деловых операций и уменьшение неблагоприятных последствий для других субъектов хозяйствования в их цепочках поставок.

Тяжесть заболевания в сообществе, в котором расположен бизнес, влияет на принимаемые меры реагирования.

Сотрудники больницы, применяющие устройства для очистки воздуха - респиратор PAPR, оснащенные фильтром HEPA, который используется для защиты от воздушных или аэрозольных возбудителей, таких как туберкулёзные бактерии [3].

Иерархия средств контроля опасностей - это структура, которая широко применяется в области охраны труда, для группировки средств контроля опасностей по эффективности. Там, где опасность COVID-19 не удается устранить, наиболее эффективными средствами контроля, является инженерный контроль, затем административный контроль и наконец, средства личной защиты. Инженерный контроль предусматривает изолирование работников от опасностей, связанных с работой, не полагаясь на поведение работников, и может быть наиболее экономичным решением [7]. Административный контроль - это изменения в рабочей политике или процедурах, которые требуют действия работника или работодателя. Средства личной за-

щиты (СЛЗ) считаются менее эффективными, чем инженерный и административный контроль, но могут помочь предотвратить некоторые угрозы. Все типы СЛЗ должны выбираться с учётом: опасности для работника, надлежащим образом установленного (например, респираторы) последовательного и правильного ношения; регулярной проверки; замены при необходимости очистки, хранения или утилизации во избежание дальнейшего загрязнения [8].

Часто рабочие места - обстановки, в которых группы проводят много часов в помещении. Это условия, которые могут способствовать передаче заболевания, но также и контролировать его с помощью практик [9] и политик на рабочем месте. Определение отраслей или конкретных рабочих мест, которые имеют наибольшую потенциальную подверженность конкретному риску, может помочь в разработке мероприятий по контролю или предотвращению распространения таких заболеваний, как COVID-19 [4].

По данным Министерства труда и социальной защиты, рабочие места с более низким уровнем риска имеют минимальный профессиональный контакт с общественностью и другими сотрудниками [10].

Основные меры профилактики инфекций, рекомендуемые для всех рабочих мест, включают частое и тщательное мытьё рук, призыв к работникам оставаться дома по болезни, респираторный этикет, включающий прикрытие кашля и чихания, предоставление салфеток и корзин для мусора, подготовку к удалённой работе или, по возможности, сменной работе, запрет на использование чужих вещей. А также поддержание регулярной чистки и дезинфекции рабочей среды.

Оперативная идентификация и изоляция потенциально заразных людей является важным шагом в защите работников, клиентов, посетителей и других лиц на рабочем месте [4].

Центры по контролю и профилактике заболеваний США рекомендуют, чтобы сотрудники с симптомами острого респираторного заболевания оставались дома до тех пор, пока у них не будет жара. Кроме этого признаков лихорадки и любых других симптомов на протяжении 24 часов без использования жаропонижающих или других лекарств, изменяющих симптомы, а также то-

го, что политика отпусков по болезни является гибкой, позволяет работникам оставаться дома, чтобы ухаживать за больным членом семьи, и что сотрудники знают об этой политике.

Существуют также психосоциальные риски, возникающие в результате беспокойства или стресса, вызванного опасениями по поводу заражения COVID-19, болезнью или смертью родственника или друга, изменениями в рабочих режимах, а также финансовыми или межличностными трудностями, возникающими в результате пандемии. Меры социальной дистанции могут предотвратить типичные защитные механизмы, такие как личное пространство или разделение проблем с другими [11]. Контроль над этими рисками включает в себя менеджеров, проверяющих работников, чтобы спросить, как они, облегчая взаимодействие с работниками, и формальные услуги для помощи работникам, коучинг или гигиены труда [4].

Некоторые медицинские работники и работники моргов находятся под высоким или очень высоким уровнем риска инфицирования. Работы с высоким уровнем риска инфицирования включают работников сферы здравоохранения, поддержки, лаборатории и медицинского транспорта, которые знакомы с известными или подозреваемыми пациентами с COVID-19. Они подпадают под очень высокий риск инфицирования, когда выполняют генерирующие аэрозоль процедуры или собирают или обрабатывают образцы от известных или подозреваемых пациентов с COVID-19. Аэрозоль-генерирующие процедуры включают интубацию, процедуры индукции кашля, бронхоскопию, некоторые стоматологические процедуры и экзамены, или инвазивный сбор образцов. Работы в морге [3] с высоким риском воздействия включают работников, занимающихся подготовкой тел людей, которые знали или подозревали случаи заболевания COVID-19 в момент их смерти; они подвергаются очень высокому риску воздействия, если проводят вскрытие.

ВОЗ не рекомендует комбинезоны, поскольку COVID-19 является респираторным заболеванием и не передаётся через телесные жидкости. Для персонала, осуществляющего скрининг на входах, ВОЗ рекомендует только хирургическую маску.

Тем, кто собирает образцы из дыха-

тельных путей пациентов, и ухаживают за ними, или перевозят больных с COVID-19 без каких-либо аэрозольных процедур,

ВОЗ рекомендует хирургическую маску, защитные очки или лицевой щит, халат и перчатки. Поскольку глобальное предложение средств личной защиты (СЛЗ) ограничено, ВОЗ советует уменьшить до минимума потребность в СЛЗ с помощью: телемедицины; физических барьеров [12]. Таких как прозрачные окна (перегородки) у входа в комнату с пациентом COVID-19 для тех, кто участвует в непосредственном уходе; использование только необходимых СЛЗ для конкретной задачи. Продолжение использования одного и того же респиратора, не снимая его при уходе за несколькими пациентами с одинаковым диагнозом; мониторинга и координации хода поставки СЛЗ; и отказа от использования респираторов для бессимптомных лиц.

В период вспышки заболевания специалисты в области охраны труда играют ключевую роль в деле обеспечения работников и их руководства достоверной информацией [13], необходимой для понимания симптомов заболевания и индивидуальных мер предосторожности (таких как правила поведения во время кашля (чихания), мытье рук, самоизоляция в случае болезни). Они должны помочь работодателям оценить риски (например, определить опасные факторы инфекционного и неинфекционного характера и оценить соответствующие риски; принять меры противодействия и профилактики; осуществить их мониторинг и контроль), а также разработать или актуализировать план профилактики, сдерживания распространения инфекции, минимизации заражения и восстановления нормальной деятельности [14].

Одна из главных проблем, стоящих перед специалистами по охране труда, касается многообразия производственных ситуаций, для которых нужно выработать рекомендации. Это включает в себя условия труда медицинского персонала и работников экстренных служб, работников, оказывающих жизненно важные услуги (например, услуги снабжения и розничной торговли продуктами питания, коммунальные услуги, услуги транспорта, связи, доставки). Неорганизованных работников (в том числе неформальной экономики, сдельного труда, сферы до-

машних услуг) и работников, работающих в условиях альтернативной организации труда (в удаленном режиме).

Проблема, аналогичная созданной пандемией Covid-19, может быть преодолена только при условии глобальных и согласованных мер противодействия, осуществляемых на основе беспрецедентного сотрудничества между государствами, социальными партнерами, ассоциациями, международными организациями, экономическими и финансовыми учреждениями всех уровней.

Для минимизации влияния последствий санитарного кризиса на сферу труда нужно учитывать многие аспекты, и в этой связи охрана труда остается главным активом, призванным охранять здоровье работников, в том числе в ситуациях угрозы для здоровья всего населения.

#### Библиографический список

- ГОСТ 12.0.230.5-2018 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ.
- Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) - Interim Guidance for Businesses and Employers (англ.). U.S. Centers for Disease Control and Prevention (26 February 2020).
- Постановление Главного государственного врача РФ от 22 мая 2020 № 15 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 3.1.3597-20 «Профилактика новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» зарегистрировано в Минюсте РФ 26 мая 2020 г. Регистрационный номер № 58465.
- Lan F.Y., Wei C.F., Hsu Y.T., Christiani D.C., Kales S.N. Work-related COVID-19 transmission in six Asian countries/areas: A follow-up study (англ.) // PLOS One: journal / Shaman, Jeffrey. 2020. 19 May (vol. 15, no. 5). P. e0233588. doi:10.1371/journal.pone.0233588. PMID 32428031.
- Чабала Л.И., Звягинцева А.В., Чабала В.А. Экологическая безопасность человека // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 2. С. 100-102.
- Солодов Е.А., Звягинцева А.В. Анализ рисков дорожно-транспортных происшествий на примере опасных участков дороги города Воронежа // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 8. С. 72-75.
- Долженкова В.В., Звягинцева А.В., Усков В.М. Антропогенное воздействие на водохозяйственные объекты // Вестник Воронежского государственного технического университета.

2008. Т. 4. № 11. С. 24-27

8. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Регулирование технологического риска посредством оптимизации программы технического обслуживания оборудования // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 76-78.

9. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Автоматизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок // Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.

10. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.

11. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.

12. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.

13. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.

14. Федянин В.И., Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Экологическая безопасность производства // Машиностроитель. 2004. № 8. С. 39-41.

#### Информация об авторе

**Пылаева Ина Евгеньевна** – аспирант 3 года обучения, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) (190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 26), e-mail: Ina\_ign@mail.ru

#### Information about the author

**Ina E. Pylaeva**, Postgraduate student of 3 years of study, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University) (26, Moskovsky Prospekt, Saint Petersburg, 190013, Russia) e-mail: Ina\_ign@mail.ru

УДК 519.8

### ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СИНТЕЗА КАУЧУКА ДСТ

**Е.А. Хромых<sup>1</sup>, С.В. Рязанцев<sup>2</sup>, И.А. Козенко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Воронежский государственный университет инженерных технологий*

<sup>2</sup>*Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** осуществлен выбор технологических параметров для синтеза каучука ДСТ (температуры начала иницирования, температуры начала роста цепи, а также временных интервалов нагрева и охлаждения реакционной массы)

**Ключевые слова:** математическое моделирование, технологические параметры, синтез каучуков, дивинилстирольный термоэластопласт, реактор периодического действия

### SELECTION OF THE TECHNOLOGICAL MODE OF DST RUBBER SYNTHESIS

**E.A. Khromykh<sup>1</sup>, S.V. Ryazantsev<sup>1</sup>, I.A. Kozenko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Voronezh State University of Engineering Technologies*

<sup>2</sup>*Voronezh state technical University*

**Abstract:** the choice of technological parameters for the synthesis of DST rubber is made (the initiation start temperature, the chain growth start temperature, and the time intervals for heating and cooling the reaction mass)

**Keywords:** mathematical modeling, technological parameters, synthesis of rubbers, divinyl styrene thermoplastic elastomer, batch reactor

Данная работа посвящена выбору технологического режима синтеза каучука ДСТ при заданных условиях протекания процесса полимеризации, для чего проведено

исследование математической модели реактора, включающей в себя уравнения материального и теплового баланса. [1]. Процесс полимеризации при получении каучука ДСТ осуществляют периодическим способом [2]. Были использованы математические модели

процессов полимеризации стирола и дивинила, разработанные в Воронежском филиале НИИСК [2, 3]. Моделирование проводилось для промышленного аппарата, имеющего объем 16 м<sup>3</sup>, а также при начальных концентрациях мономеров и инициатора, взятых

для загрузки с целью получения 1,3 т конечного (сухого) продукта.

Математическая модель процесса полимеризации стирола (получение I блока) имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dX_u}{dt} &= K_u \cdot M_0 \cdot (1 - X_u) \cdot (1 - X_c), \\ \frac{dX_c}{dt} &= (K_u \cdot I_0 \cdot (1 - X_u) + K_c \cdot (I_0 \cdot X_u)^{1/2}) \cdot (1 - X_c), \\ \frac{dT}{dt} &= \frac{K_{mэ1} \cdot (K_u \cdot I_0 \cdot (1 - X_u) + K_c \cdot (I_0 \cdot X_u)^{1/2}) \cdot (1 - X_c)}{V \cdot d_{p.m} \cdot c_{p.m}} - \frac{A \cdot h \cdot S \cdot (T - T_{xl})}{V \cdot d_{p.m} \cdot c_{p.m}}, \\ K_u &= K_{0u} \cdot e^{\frac{-E_u}{R(T+273)}}, \quad K_c = K_{0c} \cdot e^{\frac{-E_c}{R(T+273)}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $X_u$  - конверсия инициатора, доли 1-цы;  $X_c$  - конверсия стирола, доли 1-цы;  $T$  - температура реакционной смеси, К;  $T_{xl}$  - температура хладагента, К;  $K_u$  - константа скорости реакции иницирования, л/(моль·мин);  $K_c$  - константа скорости реакции роста цепи, л<sup>1/2</sup>/(моль<sup>1/2</sup>·мин);  $M_0$  - начальная концентрация мономера, моль/л;  $I_0$  - начальное значение концентрации инициатора, моль/л;  $V$  - объем смеси, л;  $d_{p.m}$  - плотности реакционной массы, кг/л;  $c_{p.m}$  - теплоёмкость реакционной массы, кДж/(кг К);  $h$  - коэффициент теплопередачи через стенку аппарата, кДж/(м<sup>2</sup> К мин);  $S$  - площадь поверхности теплосъема, м<sup>2</sup>;  $A$  - коэффициент, учитывающий расход хладагента в рубашку аппарата ( $0 \leq A \leq 1$  - от «вентиль полностью закрыт» до

«вентиль открыт на 100 %»);  $K_{0u}$  - предэкспоненциальный множитель константы скорости реакции иницирования, л/ (моль·мин);  $K_{0c}$  - предэкспоненциальный множитель константы скорости реакции роста цепи при полимеризации стирола, л<sup>1/2</sup> (моль<sup>1/2</sup>·мин);  $E_u$  - энергия активации реакции иницирования, Дж/моль;  $E_c$  - энергия активации реакции роста цепи при полимеризации стирола, Дж/моль;  $R$  - универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);  $K_{тэ1}$  - коэффициент, учитывающий тепловыделение за счет реакции полимеризации стирола и перемешивания, моль/л;  $t$  - время, мин.

Математическая модель процесса полимеризации бутадиена (получение II блока) имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dX_\delta}{dt} &= K_\delta \cdot D_0^{1/4} \cdot (1 - X_\delta), \\ \frac{dT}{dt} &= \frac{K_{mэ2} \cdot K_\delta \cdot D_0^{1/4} \cdot (1 - X_\delta) - h \cdot S \cdot (T - T_{xl})}{V \cdot d_{p.m} \cdot c_{p.m}} = \frac{K_{mэ2} \cdot \frac{dX_\delta}{dt} - h \cdot S \cdot (T - T_{xl})}{V \cdot d_{p.m} \cdot c_{p.m}}, \\ K_\delta &= K_{0\delta} \cdot e^{\frac{-E_\delta}{R(T+273)}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $D_0$  - концентрация растущих цепей на начало подачи дивинила, моль/л, её численное значение меньше начального значения

концентрации инициатора  $I_0$ , так как часть его дезактивируется в процессе получения первого блока (вследствие действия приме-

сей), а также осуществляется разбавление вследствие подачи дивинила;  $X_d$  – конверсия дивинила;  $K_{od}$  – предэкспоненциальный множитель константы скорости реакции роста цепи при полимеризации дивинила,  $л^{1/4}$  (моль<sup>1/4</sup>·мин);  $E_d$  – энергия активации реакции роста цепи при полимеризации дивинила, Дж/моль;  $K_{тэ2}$  – коэффициент, учитывающий тепловыделение за счет реакции полимеризации дивинила и перемешивания, моль/л.

Математическая модель процесса полимеризации стирола (получение III блока) имеет следующий вид:

$$\frac{dX_c}{dt} = K_c \cdot S_0^{1/2} \cdot (1 - X_c),$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{K_{тэ1} \cdot K_c \cdot S_0^{1/2} \cdot (1 - X_c) - A \cdot h \cdot S \cdot (T - T_{хл})}{V \cdot d_{рм} \cdot c_{рм}}, \quad (3)$$

$$K_c = K_{0c} \cdot e^{\frac{-E_c}{R(T+273)}}$$

где  $S_0$  – концентрация растущих цепей на начало подачи стирола при получении третьего блока, моль/л, её численное значение равно концентрации растущих цепей  $D_0$  на начало подачи дивинила при получении второго блока, т.к. при получении второго блока дезактивации активных центров практически не происходит. Были заданы нулевые начальные условия для конверсий инициатора и мономера. Результаты моделирования синтеза первого блока представлены на рис. 1-5.

Анализ графиков рис. 1-2 показал следующее. При температуре 25 °С происходит достижение конверсии инициатора 90% при 18-19%-ной конверсии стирола за временной интервал примерно в 30 мин. При температуре 20 °С происходит достижение конверсии инициатора 90% при 17%-ной конверсии стирола, но медленнее, за временной интервал примерно в 48 мин. При температуре 15 °С происходит значительное падение скорости конверсии инициатора. При температуре 40 °С, наоборот, происходит значительное возрастание скорости реакции инициирования, более чем в 2 раза.

Анализ графиков рис. 1-2 показал сле-

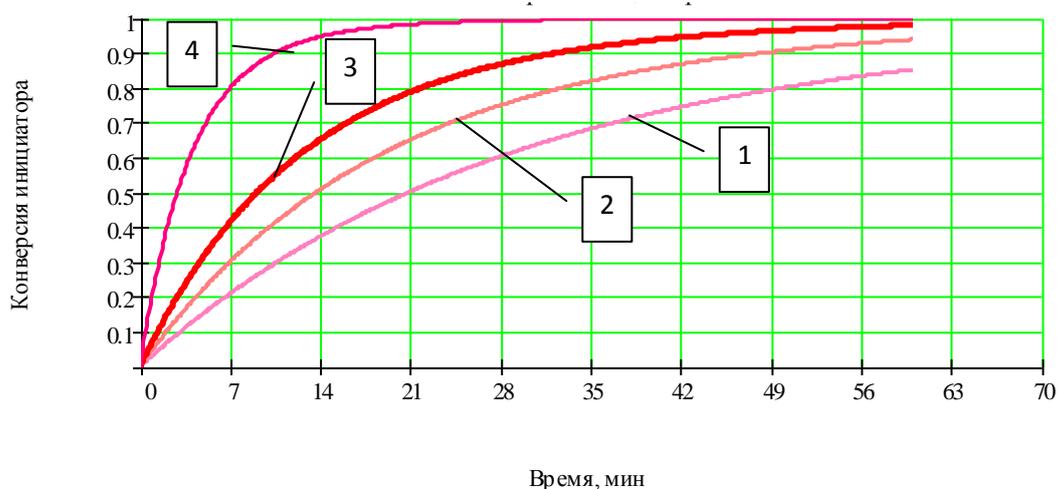


Рис. 1. Конверсии инициатора (1, 2, 3, 4 - при температурах 15, 20, 25 и 40 °С соответственно, синтез I-го блока)

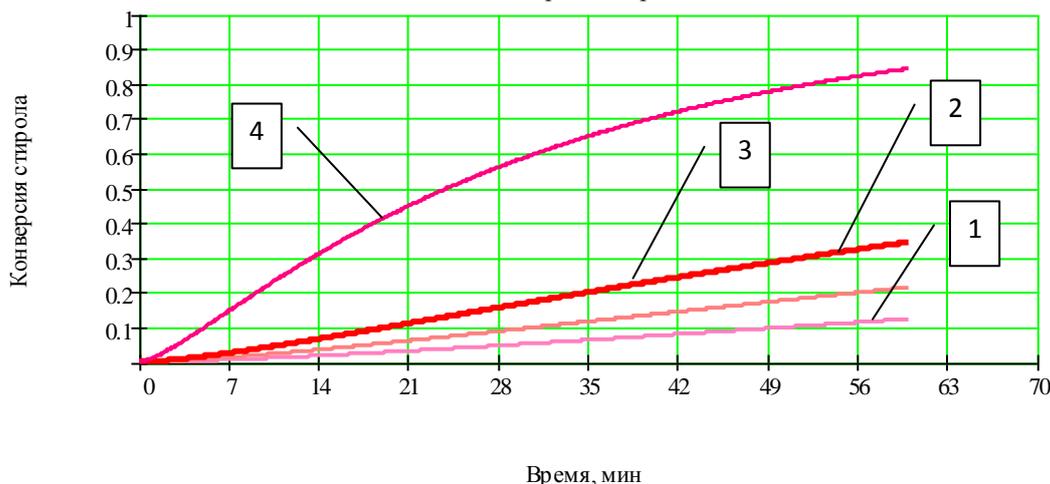


Рис. 2. Конверсии стирола (1, 2, 3, 4 - при температурах 15, 20, 25 и 40 °C соответственно, синтез I-го блока)

Но при достижении конверсии инициатора 90% конверсия мономера достигает 23-24%. Таким образом, можно сделать вывод, что начало процесса необходимо проводить при 20-25 С, при этом инициирование закончится за 30–50 минут при небольшой глубине превращения мономера, а основной рост полимерных молекул будет проходить одновременно на всех активных центрах, что обеспечит получение узкого ММР первого блока.

По окончании стадии иницирования, т.е. при достижении конверсией инициатора величины 90-95%, начинается стадия роста полимерных молекул.

Анализ графиков показывает, что стадия иницирования при 20-25 °C займет примерно 44 мин. С целью повышения скорости роста полимерных молекул можно повысить температуру.

Моделирование проведено для вариантов повышения температуры до величины 35 С и 45 С (рис. 3-5), было задано значение параметра теплосъема  $A=0$  и в качестве начальных условий - значение конверсии инициатора, соответствующее значению конверсии стирола 95 %, полученного для температуры иницирования 25°С, в момент времени 44 мин.

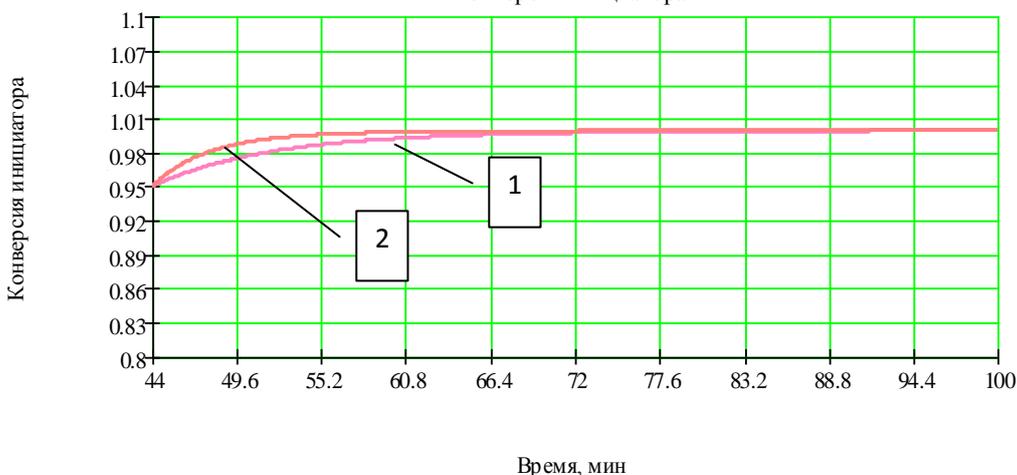


Рис. 3. Конверсии инициатора (1, 2 - при начальных температурах 35 и 45 °C соответственно, синтез I-го блока)

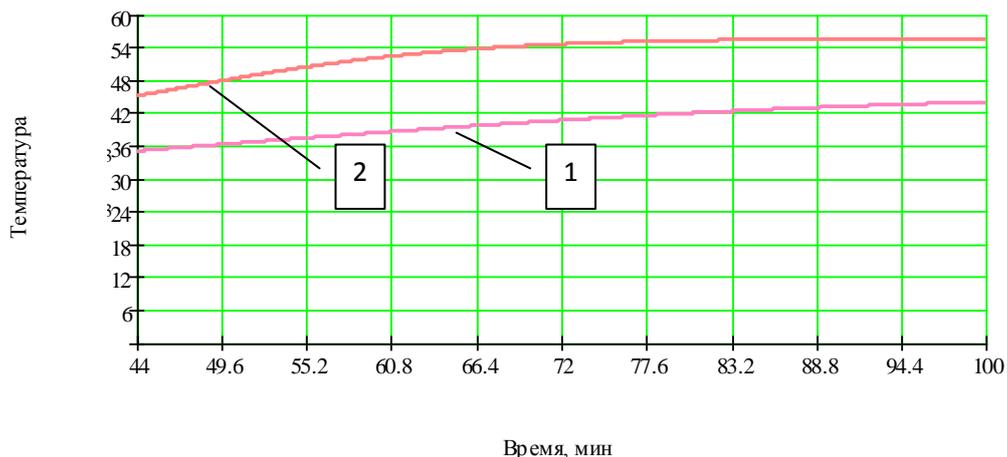


Рис. 4. Конверсии стирола (1, 2 - при начальных температурах 35 и 45 °C соответственно, синтез I-го блока)

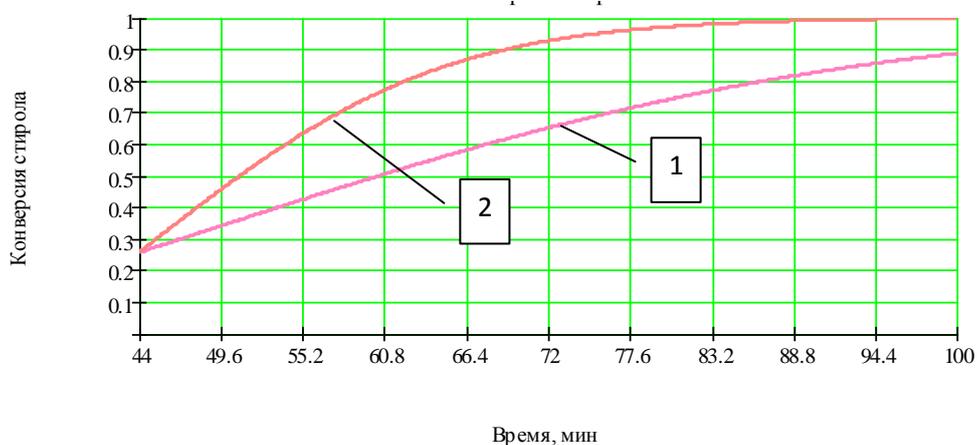


Рис. 5. Температура реакции (1, 2 - при начальных температурах 35 и 45 °C соответственно, синтез I-го блока)

Анализ результатов показывает, что при повышении начальной температуры стадии полимеризации стирола до величины 35 °C конверсия стирола достигнет величины 90% за промежуток времени 1 час 40 мин. после начала полимеризации первого блока. При этом произойдет повышение температуры реакционной массы с величины 25 °C (значение температуры на конец стадии иницирования) до величины 44 °C.

При повышении начальной температуры стадии полимеризации стирола до значения 45 °C конверсия стирола достигнет величины 90% за промежуток времени 1 час 10 мин. после начала синтеза первого блока с учетом того, что температура реакционной массы поднимется с величины 25 °C до величины 54 °C, т.е. почти на 30 °C.

Таким образом, можно сделать вывод,

что для получения узкого ММР полистирил-лития необходимо начинать процесс при температурах не выше 25 °C. При этом необходимо до начала полимеризации провести смешение компонентов при низкой температуре с целью не допустить роста цепей в локальных зонах повышенной концентрации мономера, что скажется на ММР полимера. Также необходимым является соблюдение в процессе иницирования изотермического режима или режима, близкого к таковому, т.е. обеспечить незначительный нагрев реакционной массы. Как видно из графиков, тепловыделение при рекомендуемых температурах проведения стадии иницирования является незначительным.

На окончание стадии иницирования потребуется временной интервал около 35-40 мин., после чего реакционную массу

необходимо подогреть до температуры 35 С с целью повышения скорости реакции роста цепей. Как видно из графиков, на завершение процесса полимеризации первого блока требуется около 1 часа 40 мин.

Результаты моделирования синтеза второго блока представлены на рис. 6-9. Для конверсии дивинила были заданы нулевые начальные условия.

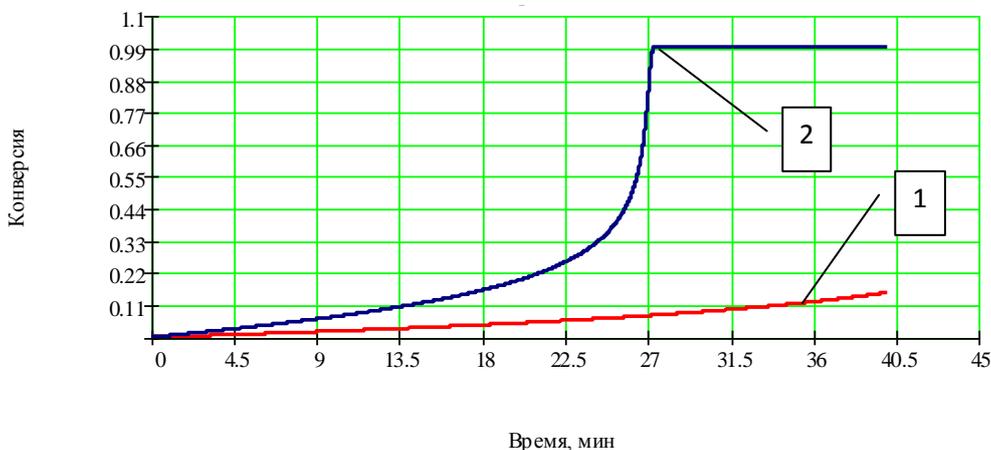


Рис. 6. Конверсия дивинила (1, 2 - при начальных температурах 30 и 40 °С соответственно, синтез II-го блока)

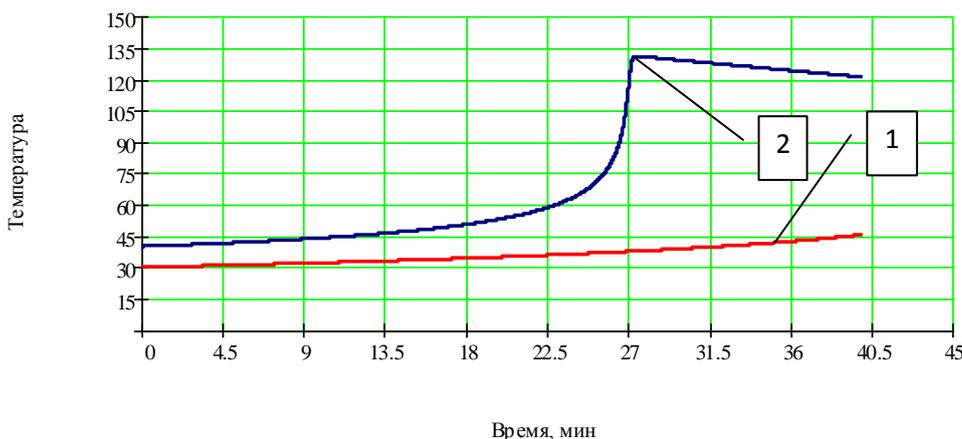


Рис. 7. Температура реакции (1, 2 - при начальных температурах 30 и 40 °С соответственно, синтез II-го блока)

Из графиков рис. 6, 7 видно, что при 30 °C даже при отсутствии теплосъема скорость реакции значительно ниже, чем при 40 °C с теплосъемом. При 40 °C скорость реакции возрастает почти в 2 раза, поэтому синтез второго блока нужно проводить при начальной температуре не менее 40 °C. Однако синтез второго блока характеризуется большим тепловыделением, поэтому при начальной температуре 40 °C конверсия достигнет значения 95% за 27 мин, но температура при этом даже с учетом теплосъема поднимется до 130 °C, что недопустимо. Поэтому пред-

лагается в течение 20 мин. открыть на 30% клапан на линии подачи хладагента в рубашку аппарата. За этот период времени конверсия дивинила достигнет значения 20%, а температура реакционной смеси поднимется до 53 °C. По достижении температуры значения 53-60 °C рекомендуется открыть на 100% клапан на линии подачи холодного рассола.

Анализ рис. 8, 9 показывает, что при открытии клапана теплосъема на 100 % конверсия достигнет значения 95% за 32 мин, но температура поднимется до 110 °C, т.е. на

завершение процесса полимеризации второго блока потребуются 32-35 минут.

Результаты моделирования синтеза третьего блока представлены на рис. 10, 11.

Были заданы нулевые начальные условия для конверсии стирола, а также разные параметры теплосъема.

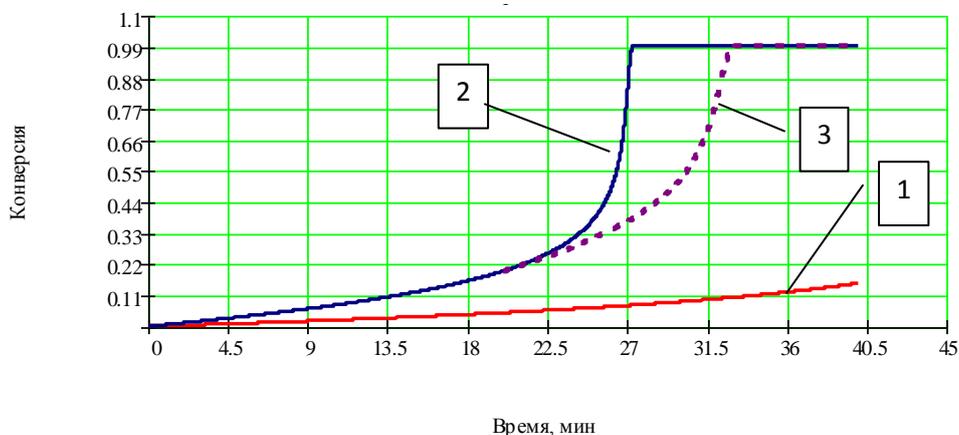


Рис. 8. Конверсия дивинила (1, 2, 3 - при начальных температурах 30 и 40 °С с теплосъемом 30 % и 100 % соответственно, синтез II-го блока)

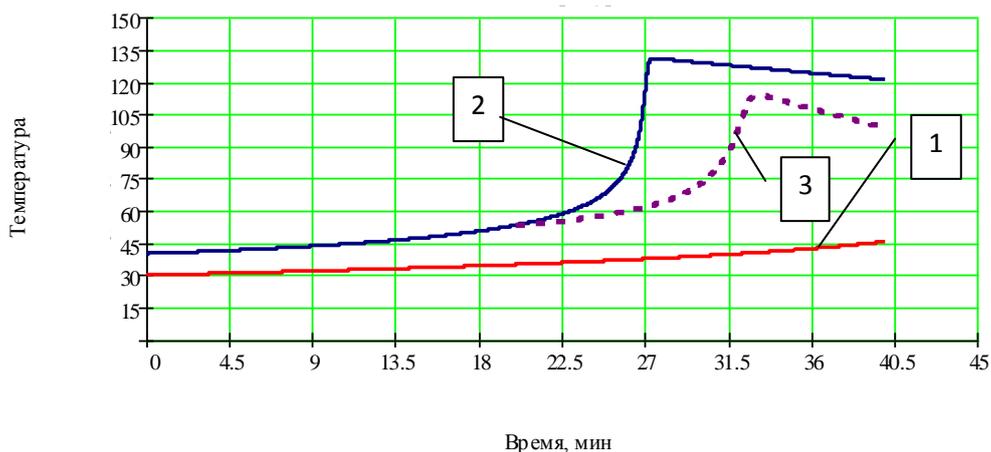


Рис. 9. Температура реакции (1, 2, 3 - при начальных температурах 30 и 40 °С с теплосъемом 30 % и 100 % соответственно, синтез II-го блока)

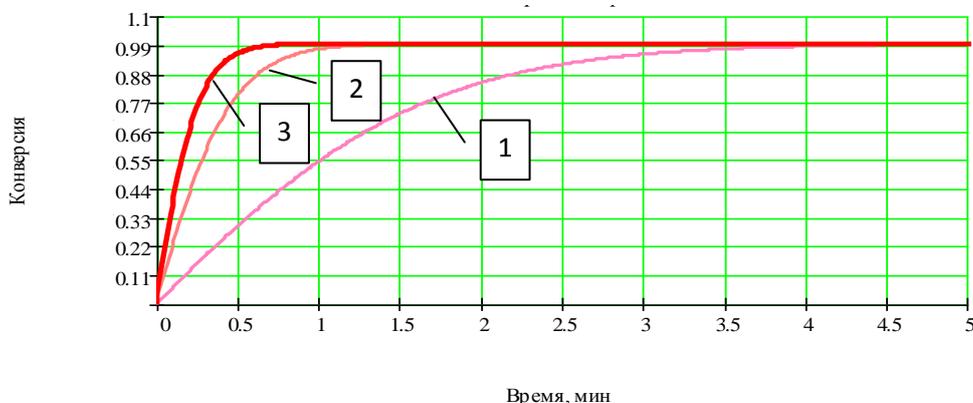


Рис. 10. Конверсия стирола (1, 2, 3 - при начальных температурах 80, 100 и 110 °С соответственно, синтез III-го блока)

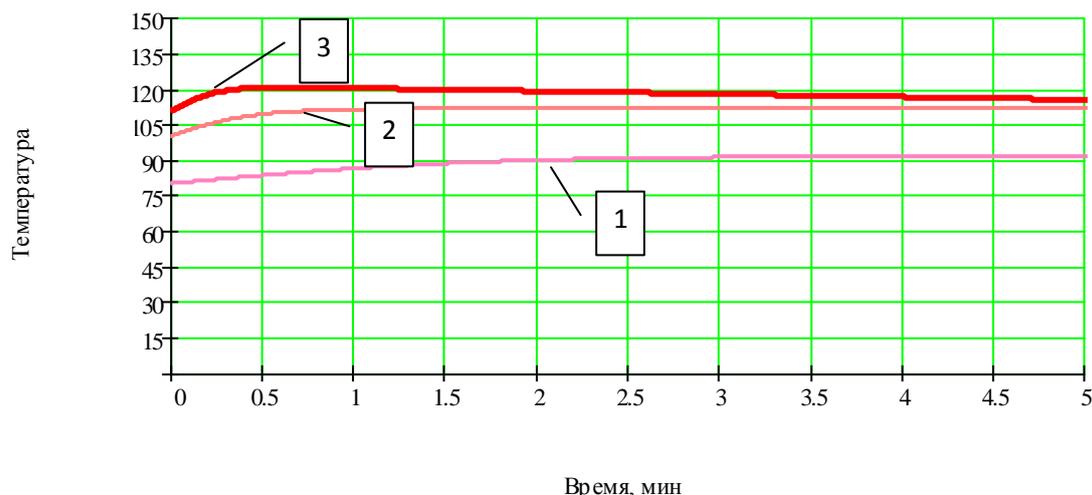


Рис. 11. Температура реакции (1, 2, 3 - при начальных температурах 80, 100 и 110 °С соответственно, синтез III-го блока)

Из анализа графиков рис. 10, 11 можно заключить, что процесс заканчивается даже при начальной температуре 80 °С за 4 минуты. При начальной температуре 100 °С и 110 °С скорость реакции значительно возрастает. Выделяющееся за время реакции тепло может нагреть реакционную массу на 10-15 °С. Такой подъем температуры в конце процесса получения ДСТ является допустимым.

В соответствии с результатами математического моделирования разработана циклограмма синтеза термоэластопласта ДСТ.

#### Информация об авторах

**Хромых Елена Алексеевна** – кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий (394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, 19), e-mail: helen\_hrom@mail.ru

**Рязанцев Сергей Васильевич** – кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: rsv1978@mail.ru

**Козенко Иван Александрович** – кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий (394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, 19), e-mail: kosenko211986@mail.ru

#### Библиографический список

1. Математическое моделирование объектов управления в химической промышленности (теория и практика) [Текст]: учеб. пособие / В.К. Битюков, С.Г. Тихомиров, С.В. Подкопаева [и др.]; Воронеж. гос. ун-т инж. технол.– Воронеж: ВГУИТ, 2011.
2. Автоматизированная система управления периодическим процессом полимеризации в производстве ТЭПов (АСУ-ДСТ). Технический проект. 1992 г. НИИСК, цех 67А.
3. Хитрова, Р.А. Оптимизация процессов анионной полимеризации в растворе на литийорганических инициаторах. Канд. дисс. [Текст] / Р.А. Хитрова. – Л., 1989. – 283 с.

#### Information about the authors

**Elena A. Khromykh**, candidate of technical sciences, associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, (19, Revolution Avenue, Voronezh, 394036, Russia), e-mail: hel-en\_hrom@mail.ru

**Sergey V. Ryazantsev**, candidate of technical sciences, associate Professor, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: rsv1978@mail.ru

**Ivan A. Kozenko**, candidate of technical sciences, associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, (19, Revolution Avenue, Voronezh, 394036, Russia), e-mail: kosen-ko211986@mail.ru

УДК 519.711.3:697.343

**МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ****С.А. Сазонова, Д.В. Сысоев, С.Н. Кораблин***Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** рассматриваются системы теплоснабжения населенных пунктов как объекты управления функционированием в условиях информационной неопределенности. Приведены последовательность формирования математических моделей управления функционированием, необходимые условия и методы. В качестве основной задачи оперативного управления рассмотрено статическое оценивание текущего состояния систем теплоснабжения, на основе которой реализуема задача резервирования

**Ключевые слова:** теплоэнергетика, системы теплоснабжения, управление функционированием, статическое оценивание, обобщенная модель

**MODEL OF CONTROL OF HEAT POWER SYSTEMS****S.A. Sazonova, D.V. Sysoev, S.N. Korablin***Voronezh state technical University*

**Abstract:** the heat supply systems of settlements are considered as objects of operation control under conditions of information uncertainty. The sequence of the formation of mathematical models of operation control, the necessary conditions and methods are given. As the main task of operational control, static estimation of the current state of heat supply systems is considered, on the basis of which the task of redundancy is realized

**Keywords:** heat power engineering, heat supply systems, operation control, static estimation, generalized model

Специфической особенностью систем теплоснабжения (СТС) является многоуровневая структура, значительная степень неопределенности конфигурации, параметров и состояний объекта и окружающей среды, наличие в векторе управления как непрерывных, так и дискретных компонент.

Увеличение числа абонентов и изменение их параметров приводит к непрерывному росту требований, предъявляемых к таким системам не только на этапе их проектирования, но главным образом при их функционировании.

Мероприятия по управлению представляют собой различного рода параметрические или структурные воздействия на отдельные элементы СТС или ее подсистемы. Параметрические воздействия - наиболее характерный вид управления функционированием. Для них свойственно достаточно кратковременное упреждение (вплоть до минут при наличии автоматизированных систем управления). Поэтому такой вид управления часто считается оперативным. К средствам реализации оперативного управления в СТС

относятся: изменение характеристик активных элементов (сетевых и подпиточных насосов, насосных подстанций и подстанций смешения); изменение положения запорно-регулирующей арматуры; изменение параметров теплоносителя и т. д.

Структурное управление связано с различными воздействиями, приводящими к изменению конфигурации (топологической схемы) системы. Например, подключение новых источников теплоснабжения, установка перемычек на подающих магистралях и т. д. Разумеется, такие управляющие воздействия имеют более длительное время упреждения и обычно рассматриваются как плановые реконструкции системы. Само по себе подключение новых абонентов к системе также должно квалифицироваться как ее реконструкция. Однако в первом случае задача должна быть формализована как оптимизационная (то есть считается задачей синтеза), а во втором ее можно считать задачей анализа.

При определении СТС как объекта управления обычно [1] вводят совокупность базовых множеств, элементами которых являются: мгновенные значения параметров

целевого продукта (ЦП) (давления, расходы, температуры) на физических входах и выходах; мгновенные значения непрерывных управляемых параметров активных и пассивных элементов СТС; мгновенные значения дискретных управляемых параметров активных и пассивных элементов. Тогда СТС можно определить как общую систему

$$I(T) = E \int_0^t I[X(t), Z(t), U(t)] dt \rightarrow \min_{U(t) \in \Omega}, \quad (1)$$

где  $U(t)$  - вектор функция управляемых переменных

$$U'(t) = [b_a(t), b_p(t), \beta_a(t), \beta_p(t)]; \quad (2)$$

где  $b_a(t), b_p(t)$  - вектор функции дискретных переменных, определяющих структуру активных и пассивных элементов;  $\beta_a(t), \beta_p(t)$  - вектор функции непрерывных переменных, определяющих параметры активных и пассивных элементов.

[1]. В результате структуризации общей задачи, проведенной в [1] задачу управления функционированием СТС в интервале времени  $[0, T]$  в условиях информационной неопределенности можно представить как минимизацию условного математического ожидания функционала вида

Допустимая область  $\Omega$  определяется:  
а) системой нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, задающей закон преобразования параметров ЦП в пассивных и активных элементах СТС вида

$$\frac{\partial \varphi_i^m(x_m, t)}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 a_{ij}(x_m, t, \varphi^m) \frac{\partial \varphi_i^m(x_m, t)}{\partial x_m} = f_i^m(x_m, t, \varphi^m, U^m), \quad m \in M, \quad i \in I_m \quad (3)$$

$$0 = f_i^m(x_m, t, \varphi^m, U^m), \quad m \in M, \quad i \in I_m \quad (4)$$

б) системой алгебраических уравнений, определяющих условия согласования пара-

метров в узлах графа, отображающего топологическую схему сети

$$\psi_i[\varphi^i(x_j^k \times t)] = 0, \quad i \in I_m, \quad j \in E_k, \quad k \in V; \quad (5)$$

в) системой односторонних и двусторонних неравенств, ограничивающих область технологически допустимых режимов.

Кроме того, необходимо задать начальные, граничные или конечные условия задачи. В [1] показано, что не нарушая общности, эти условия могут быть заданы в виде условных математических ожиданий

$$\bar{S}(t_0) = E\{S(t_0, \tilde{\omega})\} / \bar{B}_0; \quad (6)$$

$$\bar{X}(t) = E\{X(t, \omega)\} / B_0 \quad (7)$$

Задача (1)-(7) порождает целый класс задач управления потокораспределением в СТС, которые могут рассматриваться как ее

частные случаи при соответствующей структуризации функции цели, начальных, конечных, граничных условий, фиксации  $T$ .

Известно [1], что точное решение задачи (1) - (7) получить невозможно не только аналитическими, но даже и численными методами. Поэтому имеет смысл говорить лишь о приближенных методах формализации и решения задач управления функционированием. Но даже и для приближенных методов реализация возможна, если соблюдаются, по крайней мере, следующие условия:

а) физической реализуемости системы

сбора и обработки информации о значениях компонент базовых множеств с учетом шага квантования стохастических процессов. Величина шага выбирается исходя из двух противоречивых условий: точности аппроксимации наиболее высокочастотной функции

$$I(K) = E \left\{ \sum I[X(k), Z(k), U(k)] \right\} \rightarrow \min_{U(k) \in \Omega'} \quad (8)$$

где допустимая область  $\Omega$  определяется уже системой нелинейных алгебраических уравнений, описывающей режим установившегося потокораспределения в СТС для интервала времени, соответствующего шагу квантования.

б) физической реализуемости управления, связанного со значительными временными и энергетическими затратами на изменение структуры СТС, которое приводит к необходимости принятия решения в нужный момент времени с необходимым упреждением.

Разумеется, оба условия выражают, пока только качественно, смысл требований, предъявляемых к методам обоснования принимаемых решений. Количественная сторона вопроса может рассматриваться лишь при конкретизации самих задач.

Рассмотрим два типа задач, относящихся к управлению функционированием СТС: статическое оценивание состояния и структурное резервирование посредством установки перемычек на подающих магистралях тепловых сетей. Безусловно, их нельзя квалифицировать как чисто «управленческие» задачи в смысле (1) или (8). Обе эти задачи касаются в большей степени изыскания допустимой области  $\Omega$  и являются вспомогательными для задач управления. Первая задача является основой обработки текущей информации о состоянии объекта, то есть ключом у оперативному управлению. Вторая имеет не менее важное значение для развития функционирующих систем. Известно, что стереотипом в проектировании СТС являются радиальные системы, для которых показатель надежности практически

изменения математического ожидания граничных условий (ГУ) и времени окончания переходных процессов в системе при наибольшей амплитуде скачка ГУ. В этом случае дискретный аналог задачи (1) примет вид

не имеет смысла, поскольку отсутствует структурный резерв. Действительно, аварийная ситуация на концевых участках приводит к частичному отказу, а на головных участках к полному отказу системы. Установка перемычек является по существу единственным средством обеспечения хотя бы минимального уровня надежности. Рассмотрим коротко их содержательную суть.

Задача оценивания в инженерном смысле заключается в обеспечении надежной и качественной информации о состоянии функционирующей СТС, то есть совокупности значений параметров ЦП. Очевидно, что по экономическим, технологическим и техническим причинам добиться требуемого уровня надежности такой информации за счет совершенствования контрольно-измерительного оборудования, размещаемого на объекте управления невозможно. Поэтому целесообразно привлекать для решения этой задачи методы математического моделирования. Для их внедрения в практику управления функционированием имеется ряд способствующих обстоятельств, которые пусть и субъективно позволяют установить два аспекта задачи оценивания: статистический и физический. Хотя они и неразрывно связаны между собой, но требуют индивидуального рассмотрения. Однако сделать это удобнее после того, как будут определены место и роль задач оценивания при управлении трубопроводными системами. Информация от решения задач оценивания согласно [2] необходима для:

- оперативного контроля текущего решения;
- проверки нахождения параметров

системы в заданных технологических пределах;

– расчета допустимых и оптимальных плановых режимов с упреждением вперед от нескольких секунд (автоматическое регулирование), десятков минут (коррекция режима) до нескольких суток (краткосрочный цикл управления);

– оценки деятельности персонала диспетчерских пунктов.

В связи с принадлежностью цикла задач оценивания к математическому моделированию целесообразно классифицировать их на задачи синтеза и анализа. При выполнении работы использовались материалы исследований [3-21].

### Библиографический список

1. Евдокимов, А.Г. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях / А.Г. Евдокимов, А.Д. Тевяшев, В.В. Дубровский. - М.: Стройиздат, 1990. - 368 с.

2. Гамм, А.З. Оценивание состояния в электроэнергетике / А.З. Гамм, Л.Н. Герасимов, И.Н. Голуб.- М.: Наука, 1983. - 302 с.

3. Проскурин, Д.К. Сходимость вычислительного процесса при реализации вариационного метода решения краевой задачи гидродинамики / Д.К. Проскурин, Д.В. Сысоев, С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2021. - Т. 17. - № 3. - С. 14-19.

4. Меркулов, А.С. Моделирование процессов, влияющих на качество бетонных покрытий дорог / А.С. Меркулов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 38-44.

5. Николенко, С.Д. Моделирование процесса износа кирпичных зданий / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 44-50.

6. Рогов, Н.Ю. Моделирование процесса обследования железобетонных опор технологических эстакад / Н.Ю. Рогов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. 2021. Т. 14. № 1. С. 68-73.

7. Николенко, С.Д. Моделирование работы конструкций из дисперсно-армированного бетона при знакопеременной динамической нагрузке большой интенсивности / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 3. - С. 36-44.

8. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов

при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.

9. Пантелеев, А.И. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.

10. Кузнецова, Л.А. Исследование влияния на прочность при изгибе элементов конструкций армированных металлическими фибрами / Л.А. Кузнецова, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, А.А. Осипов, Н.В. Заложных // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 4. - С. 51-57.

11. Старцев, В.Н. Анализ прочности монолитного перекрытия здания и контроль проектной документации / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 57-63.

12. Старцев, В.Н. Моделирование термонапряженного состояния фундамента и разработка мероприятий по улучшению эксплуатационных свойств бетона / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 64-71.

13. Николенко, С.Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 76-85.

14. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.

15. Жидко, Е.А. Методология и методы системного математического моделирования информационной безопасности хозяйствующего субъекта теоретическими методами / Е.А. Жидко, П.М. Леонов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно - строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2015. - № 2 (6). - С. 15-20.

16. Жидко, Е.А. Парадигма информационной безопасности компании / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2016. - № 1 (108). - С. 25-35.

17. Михневич, И.В. Исследование влияния теплового воздействия на прочностные характеристики бетона / И.В. Михневич, С.Д. Николенко // Научный журнал строительства и архитектуры. - 2017. - № 3 (47). - С. 43-51.

18. Панов, М.Я. Методология факторного анализа водораспределения и водопотребления /

М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.С. Квасов // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2001. - № 5. - С. 82.

19. Асмнин, В.Ф. Анализ путей снижения шума в сложившейся жилой застройке, прилегающей к остановочным пунктам общественного автотранспорта / В.Ф. Асмнин, У.Ю. Корда // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2010. - № 4 (20). - С. 141-145.

20. Сазонова, С.А. Расчет смешанным методом статически неопределимых рам с элемен-

тами повышенной жесткости и численная проверка результатов расчетов с помощью метода конечных элементов / С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 54-66.

21. Сазонова, С.А. Моделирование опасных внутренних усилий при расчете смешанным методом статически неопределимых рам со стержнями заданной жесткости / С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 44-54.

#### Информация об авторах

**Сазонова Светлана Анатольевна** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Сысоев Дмитрий Валерьевич** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: sysoevd@yandex.ru

**Кораблин Сергей Николаевич** – аспирант, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: kora-blin2015@inbox.ru

#### Information about the authors

**Svetlana A. Sazonova**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University, (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Dmitry V. Sysoev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University (394006, Russia, Voronezh, 20 Let Oktyabrya St., 84), e-mail: sysoevd@yandex.ru

**Sergey N. Korablin**, postgraduate student, Voronezh State Technical University, (394006, Russia, Voronezh, 20 Let Oktyabrya St., 84), e-mail: korab-lin2015@inbox.ru



УДК 621.791.01

## ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

С.Д. Николенко<sup>1</sup>, С.А. Сазонова<sup>1</sup>, А.А. Веневитин<sup>2</sup><sup>1</sup>*Воронежский государственный технический университет*<sup>2</sup>*Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова*

**Аннотация:** выполнен анализ основных методов контроля качества сварки металлических конструкций Новороссийского зернового терминала. Показано, что ультразвуковой метод является самым оптимальным с точки зрения визуализации. В результате проверки качества сварочных соединений ультразвуковым способом устройства приема с автотранспорта металлических конструкций, существенных дефектов не обнаружено. Исправное состояние сварного соединения можно рассматривать как состояние, при котором оно соответствует всем требованиям нормативно-технической документации

**Ключевые слова:** контроль качества сварки, ультразвуковой контроль, дефектоскопия, дефект, сварной шов, сварные соединения, неразрушающие методы контроля

## FEATURES OF ULTRASONIC QUALITY CONTROL OF WELDING METAL STRUCTURES

S.D. Nikolenko<sup>1</sup>, S.A. Sazonova<sup>1</sup>, A.A. Venevitin<sup>2</sup><sup>1</sup>*Voronezh state technical University*<sup>2</sup>*Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova*

**Abstract:** the analysis of the main methods of quality control of welding of metal structures of the Novorossiysk grain terminal is carried out. It is shown that the ultrasound method is the most optimal from the point of view of visualization. As a result of checking the quality of welding joints by ultrasonic method of the device for receiving metal structures from vehicles, no significant defects were found. The serviceable condition of the welded joint can be considered as a condition in which it meets all the requirements of regulatory and technical documentation

**Keywords:** welding quality control, ultrasonic testing, flaw detection, defect, welded seam, welded joints, non-destructive testing methods

**Введение.** Одним из основных способов соединения металлических конструкций является сварка. Она применяется для неразъемного соединения конструкционных материалов. Широкое применение сварки объясняется значительными ее преимуществами перед другими видами соединений. В частности с переходом на сварку значительно упростились составные сечения элементов, появились новые сечения, отпала необходимость в просверливании отверстий для

заклепок, в связи с чем масса конструкций снизилась на 15-20% [1].

Целью работы явилось определение особенностей контроля качества сварных соединений металлических конструкций Новороссийского зернового терминала.

**Особенности ультразвукового контроля.** Рассмотрим ультразвуковой контроль на примере Новороссийского зернового терминала, устройства приема зерна с автотранспорта в блоке с вышками норийно-весовыми.

Сооружение представляет собой три

независимых пространственных многоярусных каркаса в осях 1-2/А-В, 3-11/А-В, 12-13/А-В, выполненных по связевой схеме и опирающихся на единый железобетонный плитный ростверк по свайному основанию. В осях 3-11/А-В до отметки +6,000 запроектирован железобетонный каркас, образованный стенами, колоннами и металлическими связями, в отм.+3,000...+6,000 горизонтальными распорками. Выше предусмотрен металлический связевой каркас до отм.+19,2 с железобетонным перекрытиями, создающими жесткие горизонтальные диски. С отметки +19,200 до отметки +33,6 расположены металлические оперативные бункера, развязанные в горизонтальной плоскости системой связей и распорок с шагом 2,0 м по высоте, создающими жесткие диски. Выше до отметки +41,59 предусмотрен металлический связевой каркас.

Норийные вышки в осях 1-2/А-В, 12-13/А-В, на отметке 0,0, жестко опирающиеся на железобетонные колонны первого уровня, выполнены в металлическом каркасе с горизонтальными и вертикальными связями. Относительная отметка верха конструкций +60,8. Конструктивная схема стального навеса надземной части устройства приёма из автотранспорта на 1 проезд в осях 12-18/В-Г рамно-связевая, выполнена в виде одноэтажных однопролетных рам (с жесткими узлами ригель-колонна), связанных системой горизонтальных связей и распорок. Устойчивость и пространственная неизменяемость норийно-весовой вышки в виде стальной многоярусной этажерки обеспечивается совместной работой подобранных по результатам расчета колонн, заземленных в фундаменте, вертикальных связей в обоих направлениях и горизонтальных диафрагм жесткости.

Контроль сварных соединений осуществляется при помощи ультразвуковых дефектоскопов, которыми можно выявлять трещины» непровары, газовые и шлаковые включения в стыковых, угловых, тавровых и нахлесточных соединениях, выполненных дуговой, электрошлаковой, газовой и кон-

тактной сваркой. Контролировать можно как сварку сталей, так и сварку цветных металлов и их сплавов.

При отсутствии дефекта в контролируемом изделии импульс дойдет до нижней поверхности изделия, отразится от нее и возвратится в пьезоэлектрический щуп. В нем механические колебания ультразвуковой частоты снова преобразуются в высокочастотные электрические колебания усиливаются в приемном усилителе и подаются на отклоняющие пластины электроннолучевой трубки. При этом на экране обозначенном возникает второй дефектоскоп пик донного конструктивная импульса (как цифрами бы отраженного от дна бинокулярной изделия).

Если на пути прохождения ультразвука встретится дефект, то часть волн отразится от него раньше, чем донный сигнал достигнет пьезоэлектрического щупа. Эта часть волн усиливается приемным усилителем, подается на электроннолучевую трубку и на ее экране между начальным и донным импульсами возникнет пик импульса от дефекта.

Благодаря синхронной работе генератора развертки луча, генератора импульсов и других устройств дефектоскопа взаимное расположение импульсов на экране электроннолучевой трубки характеризует глубину расположения дефекта. Расположив на экране трубки масштабные метки времени, можно сравнительно точно определить глубину залегания дефекта.

Для оценки результатов неразрушающего контроля качества сварных конструкций необходимо формулирование норм допустимости дефектов сварных соединений. Ультразвуковую дефектоскопию проводим на примере таврового соединения металлических конструкций. Были проверены сварные швы в элементе колонны.

Поверхности сварных соединений, со стороны которых проводим УЗК, очищаем от пыли, грязи, окалины, брызг металла, заусенцев, забоин, неровностей на расстоянии 50—80 мм с каждой стороны шва по всей длине контролируемого участка. Зачистку выполняем ручной шлифовальной машин-

кой. Поверхность зоны контроля подготовлена так, чтобы шероховатость поверхности была не хуже  $Rz = 40\text{мкм}$ , волнистость не более 0.015 - в соответствии с требованиями ГОСТ 2789-73.

Подготовленная под контроль околосшовная зона должна обеспечивает надежный акустический контакт акустических блоков с изделием. Ширина зоны зачистки не менее размера используемого механоакустического блока. Контроль проводится при температуре окружающего воздуха и поверхности изделия в месте проведения контроля  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Для проведения контроля качества сварного соединения методом ультразвукового исследования, используем ультразвуковой дефектоскоп А1214 ЭКСПЕРТ. Акустический контакт обеспечиваем с помощью контактной жидкости, наносимой на изделие в зону контроля непосредственно перед проведением УЗК. В качестве контактной смазки при данной температуре окружающего воздуха применяем технические масла.

Контроль таврового соединения проводим со стороны привариваемого элемента. По результатам оценки качества сварки металлической конструкции дефектов не выявлено. Полученные результаты оформляются в соответствующих заключениях или журналах.

Дефекты в сварных швах снижают прочность сварной конструкции и могут привести в процессе эксплуатации к авариям. Дефекты в сварных швах обычно являются следствием: плохой подготовки и сборки под сварку; несоответствия качества электродов и основного металла требованиям технических условий; невыполнения установленных технологических процессов; низкой квалификации сварщика. При выполнении работы рассматривались материалы исследований [2-20].

**Выводы.** В ходе проведения анализа методов позволяющих определить дефекты сварочных соединений, было установлено, что сегодня имеется достаточно большой выбор способов контроля качества. Из всего многообразия способов контроля качества

сварных соединений наиболее удобным является ультразвуковая дефектоскопия. Этот способ контроля достаточно прост, надежен, имеет хорошую нормативную базу. Немаловажным является его безопасность для рабочих. Таким образом ультразвуковая дефектоскопия является наиболее подходящей для большинства сварных соединений металлических конструкций.

В результате проверки качества сварочных соединений ультразвуковым способом устройства приема зерна с автотранспорта в блоке с вышками норийно-весовыми, дефектов не обнаружено. Исправное состояние сварного соединения можно рассматривать как состояние, при котором оно соответствует всем требованиям нормативно - технической документации.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества.
2. Проскурин, Д.К. Сходимость вычислительного процесса при реализации вариационного метода решения краевой задачи гидродинамики / Д.К. Проскурин, Д.В. Сыроев, С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2021. - Т. 17. - № 3. - С. 14-19.
3. Меркулов, А.С. Моделирование процессов, влияющих на качество бетонных покрытий дорог / А.С. Меркулов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 38-44.
4. Николенко, С.Д. Моделирование процесса износа кирпичных зданий / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 44-50.
5. Рогов, Н.Ю. Моделирование процесса обследования железобетонных опор технологических эстакад / Н.Ю. Рогов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. 2021. Т. 14. № 1. С. 68-73.
6. Николенко, С.Д. Моделирование работы конструкций из дисперсно-армированного бетона при знакопеременной динамической нагрузке большой интенсивности / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 3. - С. 36-44.

7. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.
8. Пантелеев, А.И. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.
9. Кузнецова, Л.А. Исследование влияния на прочность при изгибе элементов конструкций армированных металлическими фибрами / Л.А. Кузнецова, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, А.А. Осипов, Н.В. Заложных // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 4. - С. 51-57.
10. Старцев, В.Н. Анализ прочности монолитного перекрытия здания и контроль проектной документации / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 57-63.
11. Старцев, В.Н. Моделирование термонапряженного состояния фундамента и разработка мероприятий по улучшению эксплуатационных свойств бетона / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 64-71.
12. Николенко, С.Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 76-85.
13. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.
14. Жидко, Е.А. Логико-лингвистическая модель интегрированного менеджмента организации в XXI веке / Е.А. Жидко // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 1 (16). - С. 91-93.
15. Жидко, Е.А. Информационная безопасность инновационной России: проблема кадров / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Информация и безопасность. - 2011. - Т. 14. - № 2. - С. 201-208.
16. Николенко, С.Д. Сооружение, возведенное на несъемной пневматической опалубке / С.Д. Николенко, Д.А. Казаков // Патент на изобретение RU 2371555 C1, 27.10.2009. Заявка № 2008122797/03 от 05.06.2008.
17. Квасов, И.С. Синтез систем сбора данных для распределительных гидравлических сетей / И.С. Квасов, В.Е. Столяров, С.А. Сазонова // В сборнике: Информационные технологии и системы. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. - 1999. - С. 113-115.
18. Рогачев, А.Ф. Лабораторный практикум по технологии программирования: учебное пособие / А.Ф. Рогачев, Ю.Ю. Громов, Ю.С. Сербулов, С.А. Сазонова, И.Н. Корнфельд, А.В. Лемешкин. - Воронеж, 2008.
19. Сазонова, С.А. Расчет смешанным методом статически неопределимых рам с элементами повышенной жесткости и численная проверка результатов расчетов с помощью метода конечных элементов / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 54-66.
20. Сазонова, С.А. Моделирование опасных внутренних усилий при расчете смешанным методом статически неопределимых рам со стержнями заданной жесткости / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 44-54.

### Информация об авторах

**Николенко Сергей Дмитриевич** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

**Сазонова Светлана Анатольевна** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgsu.vrn.ru

**Веневитин Александр Александрович** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова (394087, Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8), e-mail: asminin.viktor@yandex.ru

### Information about the authors

**Sergey D. Nikolenko**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

**Svetlana A. Sazonova**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgsu.vrn.ru

**Alexander A. Venevitsin**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov (394087, Russia, Voronezh, Timiryazeva st., 8), e-mail: as-minin.viktor@yandex.ru

УДК 691(075.8)

## ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ

П.Д. Шишкина, Е.А. Жидко

*Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** статья посвящена вредным строительным материалам, химическим веществам, которые содержатся в них и их безопасным альтернативам

**Ключевые слова:** строительные материалы, вредные строительные материалы, опасные строительные материалы, безопасные материалы, вред организму человека

## THE INFLUENCE OF BUILDING MATERIALS ON THE ENVIRONMENTAL COMPONENT

P.D. Shishkina, E.A. Zhidko

*Voronezh State Technical University*

**Abstract:** the article is devoted to harmful building materials, chemicals contained in them and their safe alternatives

**Keywords:** building materials, harmful building materials, dangerous building materials, safe materials, harm to the human body

Строительные материалы – материалы, которые используются в строительстве для постройки, ремонта и реконструкции зданий и сооружений.

Строительные материалы подразделяются на:

1. Конструкционные, к которым относятся кирпич, различные растворы, вяжущие, древесина и иные лесоматериалы и другие. Такие материалы используют при возведении зданий и их различных элементов: стен, перекрытий, полов, покрытий.

2. Материалы специального назначения, к которым относятся теплоизоляционные, гидроизоляционные, отделочные и другие.

При таком большом разнообразии строительных материалов сразу возникает вопрос о безопасности их использования. Все ли материалы, применяемые в строительстве и отделке зданий и сооружений экологичны и безопасны для нашего здоровья?

Безусловно, несложно сделать вывод, что далеко не все строительные материалы безопасны. Очень часто стройматериал ста-

раются удешевить, используя некачественное сырье и подвергая опасности общество.

Если таким образом снижать стоимость материалов конструкционной категории, то это может привести к необратимым последствиям. Будут уменьшаться прочностные характеристики, материалов, что в перспективе приведет к обрушению каких-либо элементов конструкции, а в самом плачевном итоге к обрушению всего сооружения.

Если же экономить на материалах специального назначения, то вероятны перебои в инженерных системах здания или сооружения, а также увеличивается риск негативного воздействия непосредственно на здоровье человека, ведь мы постоянно напрямую контактируем с отделочными материалами стен, полов и потолков.

Изучив свойства различных популярных строительных материалов, можно составить список из наиболее вредных [1-4].

Возглавляет данный список *пенополистирол*. Это актуальный, высокотехнологичный и недорогой материал. У него есть множество разновидностей; к классу полистиролов относится как всеми известный пенопласт, так и современный экструдированный пенополистирол. Данные материалы исполь-

зуются в качестве теплоизоляционных материалов для утепления стен, перекрытий и кровли. Однако, несмотря на множество его положительных качеств, пенополистирол в некоторых ситуациях представляет опасность для человека: при повышенных температурах пенополистирол выделяет опасные вещества, которые могут привести к отравлению организма. Также он является легковоспламеняемым материалом, что увеличивает пожароопасность. При неправильном монтаже увеличиваются риски задержки влаги и возникновения грибка. Из-за активной горючести и возможности выделения токсичных веществ, пенополистирол рекомендуется применять для утепления наружных фасадов здания или нежилых помещений [5-7].

Ещё одним опасным теплоизоляционным материалом является *минеральная вата*. Она является настоящим «паразитом», отравляющим жизнь людей. К огромному сожалению, если она есть в какой-либо части конструкций вашего дома, то избавиться от её вредного воздействия, можно только полностью сменив утеплитель. Дело в том, что мельчайшие волокна минеральной ваты, попадая на слизистые оболочки и в легкие человека, могут вызывать сильные раздражения, а при длительном и регулярном воздействии даже рак. Такие волокна, разрушаясь, превращаются в канцерогенную пыль, которая ещё легче может просачиваться из внутренних конструкций здания внутрь помещений и в окружающую природную среду. Кроме того, в самом своём составе минеральная вата содержит опасные вещества – связующие фенольные и формальдегидные смолы, которые выделяют отравляющие компоненты, усиливая риск возникновения различных заболеваний, особенно раковых.

*Гипсокартон* также может скрывать в себе опасности. Казалось бы, этот материал используется повсеместно, практически в каждом здании есть какие-либо конструкции, возведенный из гипсокартонных листов. Что же тогда в нём может быть опасного? При использовании высококачественного

гипсокартона людям не грозит никакая опасность, однако если строители решат сэкономить, то велика вероятность присутствия вредных примесей в гипсе, в перспективе оказывающих негативное воздействие на организм. Также очевидно, что прочность конструкции из такого материала будет значительно ниже.

То, на чем ни в коем случае нельзя экономить – *сухие штукатурные смеси*. Именно здесь достаточно просто заменить качественный компонент, на вредоносный, тем самым снизив цену готового продукта на значительную сумму. Выявить опасные примеси возможно только в лабораторных условиях, в связи с чем велика вероятность приобретения некачественного и вредного для здоровья материала.

Одни из самых распространенных и наиболее токсичных материалов – *лакокрасочные материалы*. Эти отделочные материалы используются повсеместно, поэтому следует особенно тщательно подойти к их выбору. В основу лакокрасочных материалов часто входят поливинилхлорид, толуол и ксилол. Помимо этого, в составе низкокачественных красок могут содержаться большое количество соединений свинца, меди, крезолы и других опасных веществ. Данные вещества при большом воздействии раздражают слизистые оболочки, что может привести к заболеваниям дыхательных путей, и способны вызывать аллергическую реакцию. К сожалению, полностью исключить вредное воздействие при использовании лакокрасочных материалов невозможно, однако его можно значительно снизить. Необходимо обеспечить хорошую защиту дыхательных путей и кожных покровов, а также соблюдать инструкции, указанные на упаковке [5,6,8,9].

*Изделия из поливинилхлорида (ПВХ)* активно используются в строительстве и ремонте. Из него изготавливают натяжные потолки, оконные рамы и подоконники, сантехнические трубы, плинтусы и множество других разнообразных элементов. Сам по себе материал является достаточно популяр-

ным, он долговечный, очень прост в уходе и работе, легкий и относительно недорогой. Однако если захочется сэкономить, то эта попытка вероятнее всего обречена на провал. Некачественные материалы даже при, казалось бы, невысоких температурах способны выделять в окружающую среду токсичные вещества.

Не уходя далеко от ПВХ, стоит уделить внимание *пластиковым стеновым и потолочным панелям*. Они оказывают крайне негативное влияние на здоровье человека, если использованы в отделке всего помещения, а особенно того помещения, где очень часто поднимаются высокие температуры (например, кухня). Как было указано выше, при повышенных температурах пластик выделяет опасные вещества, отравляющие организм человека. Самым лучшим решением для отделки пластиком будет не жилое помещение, и уж тем более не кухня, а коридор или прихожая. С осторожностью можно использовать в ванной комнате или санузле, но вдали от обогревательных приборов, так как пластик является пожароопасным материалом.

Ещё один опасный строительный материал, изготавливаемый из поливинилхлорида – *линолеум*. Это недорогой и достаточно распространённый отделочный материал для напольных покрытий. Дешевый некачественный линолеум выделяет едкий, резкий и неприятный запах, который можно почувствовать уже в магазине на этапе подбора материала. Уже в этот момент линолеум выделяет в окружающую среду опасные канцерогены. Не сложно догадаться, насколько сильно усугубится ситуация, если такое покрытие будет находиться вблизи источников тепла. Именно поэтому настоятельно не рекомендуется приобретать линолеум из поливинилхлорида в жилые помещения.

*Виниловые обои* – очередной опасный отделочный материал. Обои применяются в отделке стен жилых помещений в 80% случаев. Однако именно у виниловых обоев есть существенные недостатки, ставящие под угрозу их безопасность. В состав виниловых

обоев входят тяжелые металлы и другие опасные химические соединения, следствием чего является выделение формальдегидов в окружающую среду.

Также одним из основных минусов виниловых обоев является воздухонепроницаемость. Из-за этого под полотном могут разрастаться патогенные грибы огромной площади, вывести которые потом будет целой проблемой. Сейчас эту проблему производители решают пористым ПВХ-слоем, но такой метод значительно увеличивает стоимость покрытия. Качественной заменой виниловым обоям будут бумажные или бамбуковые обои. Возможно, они являются менее технологичными, но гораздо более безопасными.

*Силикатный кирпич*, казалось бы, достаточно известный и популярный строительный материал, но вот в безопасности его имеются сомнения. Всё дело в том, что с поверхности такого кирпича в окружающую среду попадает силикатная пыль, которая через дыхательные пути попадает в организм человека и способна вызывать такие заболевания, как туберкулез, рак легких и силикоз, являющийся неизлечимым заболеванием.

Помимо этого, силикатный кирпич содержит в себе радон – инертный радиоактивный газ. Несмотря на то, что его процентное содержание относительно мало, в организме с ослабленным иммунитетом он может вызывать серьезные заболевания.

*Шифер* – самый дешевый и распространённый материал, используемый для перекрытия кровли. Но производят его из спрессованных волокон асбеста, который является источником канцерогенных веществ. В процессе эксплуатации материал распадается на мелкие волокна, которые, попадая в организм человека, способны вызывать заболевания, иногда приводящие даже к смерти.

Вредные вещества, входящие в состав строительных материалов, относятся к разным классам опасности. Класс опасности вредных веществ устанавливается в зависимости от различных норм и показателей и нормируется ГОСТом 12.1.007-76. Согласно

ГОСТу по степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности, где 1 класс – вещества чрезвычайно опасные; 2 – высокоопасные; 3 – умеренно опасные; 4 – малоопасные вещества.

Таким образом, можно сделать вывод, что к малоопасным веществам относятся ацетон, этилацетат и бутилацетат, выделяемые из лакокрасочных материалов, клеев, шпатлевки, мастики, пластификаторов для бетона; бутанол – из мастики, клеев, смазки, линолеумов [1].

К умеренно опасным веществам относятся толуол, ксилолы, этилбензол, которые могут выделяться в воздух помещений из линолеума, клея, шпатлевки, лакокрасочных материалов, смазки, мастики.

К высокоопасным веществам будут относиться бензол – из мастики, клея, линолеума, цемента и бетона с добавлением отходов; никель – выделяемый из цемента, бетона и других материалов, в которые добавляются промышленных отходы; формальдегид – содержится в ДСП, ПВП, ФРП, мастике, пластификаторах, шпатлевке; фенол – из ДСП, ФРП, линолеумов на синтетической основе, мастики, шпатлевки; а также стирол, содержащийся в теплоизоляционных материалах и отделочных материалах на основе полистирола.

Чрезвычайно опасные вещества оказывают самое губительное воздействие на организм человека. К ним относятся винилхлорид, содержащийся в линолеумах, плитках, пленках и иных материалах на его основе; хром и кобальт – в цементах, бетоне, шпатлевке, красителях и других материалах с добавлением отходов.

Следом за этим возникает вопрос: «Какие материалы можно назвать экологичными и безопасными для здоровья человека?».

Экологичными считаются материалы, не содержащие вредных веществ вовсе или те, в которых их концентрация минимальна и не оказывает вредного воздействия на здоровье человека и окружающий мир. Наиболее безопасными можно назвать натуральные

материалы, находящиеся в обиходе человека достаточно продолжительное время – камень и дерево. Они достаточно безопасны для здоровья, а также способствуют установлению благоприятного климата в помещении.

Несмотря на то, что при рациональном использовании эти материалы являются возобновляемыми ресурсами, невозможно в современном строительстве использовать исключительно их. Какими бы экологичными они не были, всё равно у них есть свои недостатки: дерево – легковоспламеняющийся материал, а камень – дорогостоящий.

Однако большинство материалов, основой которых служит древесина, камень и другие природные компоненты являются безопасными и экологичными, к примеру стекло, бетон и иные. В производстве таких материалов используются различные виды обработки сырья, улучшающие технические характеристики получаемого материала [2].

Можно выделить безопасные виды отдельных строительных материалов, представленных на рынке.

Так самыми безопасными и экологичными являются обои на растительной основе – тростника, бамбука, джутовые, а более бюджетными, но не менее экологичными здесь будут бумажные обои.

Краски и лаки следует выбирать такие, в основе которых будут присутствовать натуральные масла, смолы, глины, растительные и земляные пигменты. Самая безопасная для здоровья человека краска – краска на водной основе, она в наименьшей степени оказывает негативное влияние на слизистые оболочки.

В качестве безопасного напольного покрытия лучше выбрать паркет или паркетную доску, однако здесь стоит внимательно подойти к выбору защитного лака, ведь, как уже известно, в нём могут содержаться опасные для организма вещества. Также на пол можно постелить ковровин, который при должном уходе не будет вызывать негативных реакций организма, либо дорогой и качественный ламинат, так как при использовании дешевого варианта велик риск выде-

ления в воздух вредных соединений. Керамическая плитка также является безопасным и надежным материалом, но подходит не для всех помещений.

Современные и безопасные утеплители изготавливаются из целлюлозы, базальта, вспененной стекломассы, древесных плит. В них минимизировано выделение опасных веществ, а также исключено расслоение материала на волокна, которые могут попадать в дыхательные пути и вызывать заболевания.

Для кровельных работ в современном мире наиболее часто используются керамическая и металлочерепица, а также листовая медь. Такие материалы не выделяют в окружающую среду опасных веществ, а также являются очень износостойкими и долговечными. Менее долговечными, но не менее экологичными являются мягкие кровельные материалы из битума. Основным их преимуществом является возможность повторной переработки, что не может не оказывать положительного влияния на экологию.

Качественный строительный материал должен обладать сертификатами качества и положительным заключением санитарно-эпидемиологической службы. Продукция известных и популярных на рынке фирм и компаний является наиболее безопасной и надежной. Даже при сравнительно небольшом бюджете можно найти производителя, продукция которого удовлетворяет требованиям безопасности.

### Библиографический список

1. Горчаков Г.И. Баженов Ю.М. Строительные материалы. – Москва. Книга по требованию. 2012. 688с.

2. Молодая, А.С. Моделирование высокотемпературного нагрева сталефибробетона / А.С. Молодая, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2018. - Т. 6. - № 2 (21). - С. 323-335.

3. Николенко, С.Д. Математическое моделирование дисперсного армирования бетона / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 74 -79.

4. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Парадигма информационной безопасности компании// Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 1 (108). С. 25-35.

5. Nikolenko, S.D. Behaviour of concrete with a disperse reinforcement under dynamic loads / S.D. Nikolenko, E.A. Sushko, S.A. Sazonova, A.A. Odnolko, V.Ya. Manokhin // Magazine of Civil Engineering. - 2017. - № 7 (75). - С. 3-14.

6. Звягинцева, А.В. Расчет образования ртутьсодержащих отходов и разработка мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. -С. 30-36.

7. Локтев, Е.М. Моделирование рейтинговых показателей педагогических кадров военных кафедр / Е.М. Локтев, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 67 -73.

8. [https://best-stroy.ru/statya\\_vrednye-dlya-zdorovya-stroitelnye-materialy-top-10\\_2598](https://best-stroy.ru/statya_vrednye-dlya-zdorovya-stroitelnye-materialy-top-10_2598)

9. <https://www.kvartirobus.ru/remont-kvartiri/prochee/34-ekologichnye-i-vrednye-stroitelnye-materialy>

10. Жидко Е.А. Попова Л.Г. Принципы системного математического моделирования информационной безопасности // Интернет-журнал Науковедение. 2014 №2 (21). С.34.

### Информация об авторах

**Шишкина Полина Дмитриевна** – бакалавр, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: polina.shishkina19@mail.ru  
**Жидко Елена Александровна** - доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: lenag66@mail.ru

### Information about the authors

**Polina D. Shishkina**, Bachelor, Voronezh State Technical University (394006, Russia, Voronezh, 20 Let Oktyabrya St., 84), e-mail: polina.shishkina19@mail.ru  
**Elena A. Zhidko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 Let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: lenag66@mail.ru

УДК 004.75

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

И.К. Будникова, Р.И. Заманов

*Казанский государственный энергетический университет*

**Аннотация:** в данной статье рассматриваются вопросы повышения надежности воздушных распределительных сетей за счет внедрения интеллектуальных автоматических пунктов секционирования – реклоузеров  
**Ключевые слова:** интеллектуальные системы, надежность, реклоузер

## APPLICATION OF INTELLIGENT SYSTEMS FOR INCREASING THE RELIABILITY OF DISTRIBUTION NETWORKS

I.K. Budnikova, R.I. Zamanov

*Kazan state power engineering university*

**Abstract:** this article discusses the issues of increasing the reliability of air distribution networks through the introduction of intelligent automatic sectioning points - reclosers

**Keywords:** intelligent systems, reliability, recloser

АО «Восточно-Сибирская нефтегазовая компания» (АО «Востсибнефтегаз») входит в группу компаний НК «Роснефть». Товарная продукция поставляется в систему магистральных нефтепроводов. В 2014 году «Востсибнефтегаз» приступила к реализации проекта по освоению расширенного первоочередного участка Юрубчено-Тохомского месторождения [1].

В настоящее время на Юрубчено-Тохомском месторождении (ЮТМ) активно ведется добыча нефти на 33 кустовых площадках. Каждая кустовая площадка оснащена оборудованием для добычи нефти, ее транспортировки к пункту подготовки, измерительными установками, системами управления, понижающими и повышающими трансформаторами и др.

Данные объекты являются ответственными потребителями электроэнергии, на бесперебойной работе которых основывается успешное выполнение плана по добыче нефти, которая ведется круглосуточно при любых погодных условиях.

Аварийные ситуации и отключения данного оборудования даже на короткий промежуток времени способны принести значительные потери для компании.

В ходе данной работы был рассмотрен способ повышения надежности электрообеспечения кустовых площадок путем внедрения в энергосистему ЮТМ пунктов секционирования сетей (ПСС) – реклоузеров. Данные установки способны значительно повысить надежность обеспечения электроэнергией, значительно сократить потери добычи нефти, а также не допустить простоя исправного оборудования в аварийных ситуациях.

Реклоузер – устройство автоматического управления и защиты воздушных распределительных линий электропередач (ЛЭП) на основе компактных и быстродействующих вакуумных выключателей под управлением специализированного микропроцессора. В рамках общей классификации устройств энергетики реклоузеры относятся к комплектным распределительным устройствам наружной установки (КРУН) [2-3].

При помощи реклоузеров воздушные распределительные линии (ВРЛ) делятся на отдельные участки, в каждом из которых устанавливается интеллектуальное устройство, которое в режиме реального времени анализирует параметры работы сети и при необходимости выполняет её реконфигурацию. Таким образом, производится локализация поврежденного участка и автоматическое восстановление электрообеспечения по-

требителей на неповреждённых участках. При этом исключается необходимость дистанционного поиска повреждения и его

устранения – всё это выполняется по месту работы реклоузера посредством микропроцессорного контроля.



Рис. 1. Пункт секционирования

Основные особенности реклоузеров:

- реклоузеры имеют достаточно компактные размеры и устанавливаются чаще всего непосредственно на опорах ЛЭП, поэтому не нуждаются в монтаже дополнительных фундаментов и ограждений;

- не требуют обслуживания, что даёт возможность наладить стабильную работу сети без необходимости вмешательства людей. Это особенно актуально для труднодоступных или удалённых районов;

- помимо защитных функций, интеллектуальный блок реклоузера может выполнять несколько попыток восстановления передачи электроэнергии через аварийные участки, а при неудаче отправлять уведомление оператору.

Децентрализованный (автоматический) подход к управлению аварийными режимами обеспечивает полную независимость работы пунктов секционирования от внешнего управления. Каждый отдельный аппарат, являясь интеллектуальным устройством, анализирует режимы работы электрической сети и автоматически производит локализацию места повреждения и восстановление элек-

троснабжения потребителей неповреждённых участков сети.

«Интеллектуальные возможности» прибора позволяют сократить количество выездов оперативных бригад, тем самым, удешевить обслуживание электросети. Поэтому его устанавливают на объекты, расположенные в труднодоступных и удалённых районах [4,5].

Помимо сокращения потерь при добыче, установка реклоузеров положительно скажется на сокращении простоя исправного оборудования.

Для примера на рис. 2 приведена диаграмма, которая наглядно показывает, что использование реклоузера позволяет обеспечить работу тех потребителей энергии, которые не пострадали в результате аварии. Так при использовании ПСС только четыре электроцентробежных насоса, которые находятся непосредственно на кустовой площадке № 16, прекратят свою деятельность, пока авария не будет ликвидирована. В это же время тринадцать остальных электроцентробежных насосов полностью продолжат свою деятельность. Высокая скорость реагиру-

ния – это главное достоинство децентрализованной распределённой системы защиты и мониторинга электросетей.

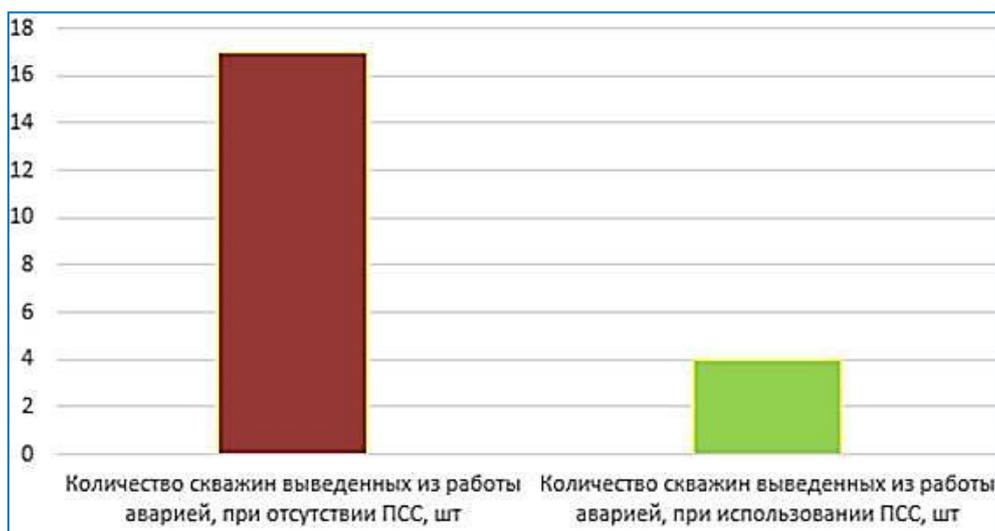


Рис. 2. Соотношение количества скважин, выведенных из работы в результате аварии

Таким образом, преимуществом такого подхода является отсутствие влияния человеческого фактора – отключение короткого замыкания и локализация повреждения происходит автоматически. Время восстановления питания на неповрежденных участках сети сокращается до секунд, как следствие – снижается риск нанесения ущерба потребителям электрической энергии

### Библиографический список

1. АО «Востсибнефтегаз» [Электронный ресурс], – URL: [https://vsnk.rosneft.ru/about/Glance/OperationalStructure/Dobicha\\_i\\_razrabotka/Vostochnaja\\_Sibir/vsnk/](https://vsnk.rosneft.ru/about/Glance/OperationalStructure/Dobicha_i_razrabotka/Vostochnaja_Sibir/vsnk/)
2. Долецкая Л. И., Кавченков В. П.. Оценка эффективности методов повышения надежности распределительных электрических сетей // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7,

- №6 (2015) [Электронный ресурс], – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN615.pdf>

3. Куличенков В.Н. Внедрение реклоузеров в целях повышения надежности электрообеспечения [Электронный ресурс], – URL: [https://energobelarus.by/articles/tehnologii/vnedrenie\\_reklouzerov\\_v\\_tselyakh\\_povysheniya\\_nadezhnosti\\_elektrosnabzheniya/](https://energobelarus.by/articles/tehnologii/vnedrenie_reklouzerov_v_tselyakh_povysheniya_nadezhnosti_elektrosnabzheniya/)

4. Воротницкий В.А., Бузин С.Т. Реклоузер – новый уровень автоматизации и управления ВЛ. // Новости электротехники, №1 (127), 2021.: [Электронный ресурс], – URL: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/33/11.php>

5. Будникова И.К., Заманов Р.И. Современные информационные технологии в нефтегазовой отрасли. // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах, 2021. – № 1 (23). С. 153 –156.

### Информация об авторах

**Будникова Иветта Константиновна** – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru  
**Заманов Ренат Ильшатovich** – магистрант, Казанский государственный энергетический университет (420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru

### Information about the authors

**Ivetta K. Budnikova**, candidate of technical Sciences, associate Professor, Kazan State Power Engineering University (Krasnoselskaya str., Kazan, 420066, Russia), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru  
**Renat I. Zamanov**, master's student of Kazan State Energy University (420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya st., 51), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru

УДК 355.354, 51-74

**АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ,  
РАСПОЛОЖЕННОЙ В ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ****Е.А. Шипилова, И.К. Нелюбов, В.Ю. Иванов***Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина*

**Аннотация:** рассматриваются особенности анализа повреждений военной техники, расположенной в защитных сооружениях, при атаке авиационными средствами поражения противника. Описываются основные этапы моделирования и расчета вероятности поражения авиационной техники, расположенной в защитных сооружениях

**Ключевые слова:** защитные сооружения, авиационные средства поражения, боевые повреждения, модель расчета вероятности поражения, модель влияния характеристик защитных укрытий

**ANALYSIS OF PROBABILITY OF DAMAGE TO AIRCRAFT LOCATED IN  
PROTECTIVE STRUCTURES****E.A. Shipilova, I.K. Nelyubov, V.Yu. Ivanov***Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin*

**Abstract:** the peculiarities of analysis of damages of military equipment located in protective structures during attack by aircraft means of enemy defeat are considered. The main stages of simulation and calculation of probability of damage, as well as aviation equipment located in protective structures are described

**Keywords:** protective structures, aircraft means of destruction, combat damage, model of calculation of probability of destruction, model of influence of characteristics of protective shelters

При подготовке и в ходе боевых действий авиация на аэродромах размещается не только на открытых групповых и обвалованных индивидуальных маскировочных сооружениях, но и в защитных укрытиях различного типа. В результате воздействия авиационных средств поражения противника по авиационной технике, размещаемой в защитных укрытиях зон, воздушные суда могут получать боевые повреждения различной степени тяжести, которые будут зависеть не только от типа применяемых противником средств поражения, но и от количества, типа защитных укрытий и характеристик их защищенности.

Для анализа возможных повреждений, которые могут быть нанесены авиационной технике, находящейся в защитных укрытиях различного рода, в результате воздействия противника необходимо учитывать множество сопутствующих факторов. Модель расчета вероятности поражения защитных со-

оружий является структурным элементом модели влияния характеристик защитных укрытий на состав и структуру боевых повреждений авиационной техники, которая предназначена для определения вероятности получения воздушными судами, расположенными в защитных укрытиях, боевых повреждений различной степени тяжести от обычных и высокоточных средств поражения противника.

Поражение авиационной техники в защитных укрытиях происходит в результате сквозного пробивания авиационными средствами поражения защитной конструкции укрытия, с последующим поражением воздушных судов разрушающей кинетической энергией продуктов взрыва и ударной волны. При взрыве боеприпаса в замкнутом пространстве, ударная волна взрыва многократно отражается от внутренних стен укрытия, в результате чего авиационная техника внутри укрытия испытывает серию ударных волн, суммарный импульс которых в 5–6 раз превосходит импульс ударной волны взрыва в

не ограниченном сооружением пространстве. Подобная картина взрыва приводит к сильной, а, зачастую, и к безвозвратной степени боевого повреждения воздушных судов [1].

Характер и размеры разрушений защитных укрытий зависят от следующих факторов: количества, калибра, массы, формы и поперечного сечения боеприпасов; скорости в момент встречи боеприпаса с защитной конструкцией укрытия; угла встречи боеприпаса с преградой; мощности заряда взрывчатого вещества применяемых боеприпасов; физико-механических свойств материалов защитной толщи укрытия, ее размеров и конструкции [2,3].

Модель влияния характеристик защитных укрытий на состав и структуру боевых

повреждений авиационной техники включает в себя два этапа: на первом оценивается вероятность попадания авиационных средств поражения в площадь защитного укрытия, на втором – поражающее воздействие на защитное укрытие. В частности модель позволяет определить необходимую толщину стенок сооружения при использовании различных конструкционных и строительных материалов.

Исходными параметрами данной модели является вектор характеристик применяемых противником авиационных средств поражения –  $T_6$ , а также вектор параметров конструкции защитного укрытия –  $T_z$ . Общая структура модели представлена на рис. 1.

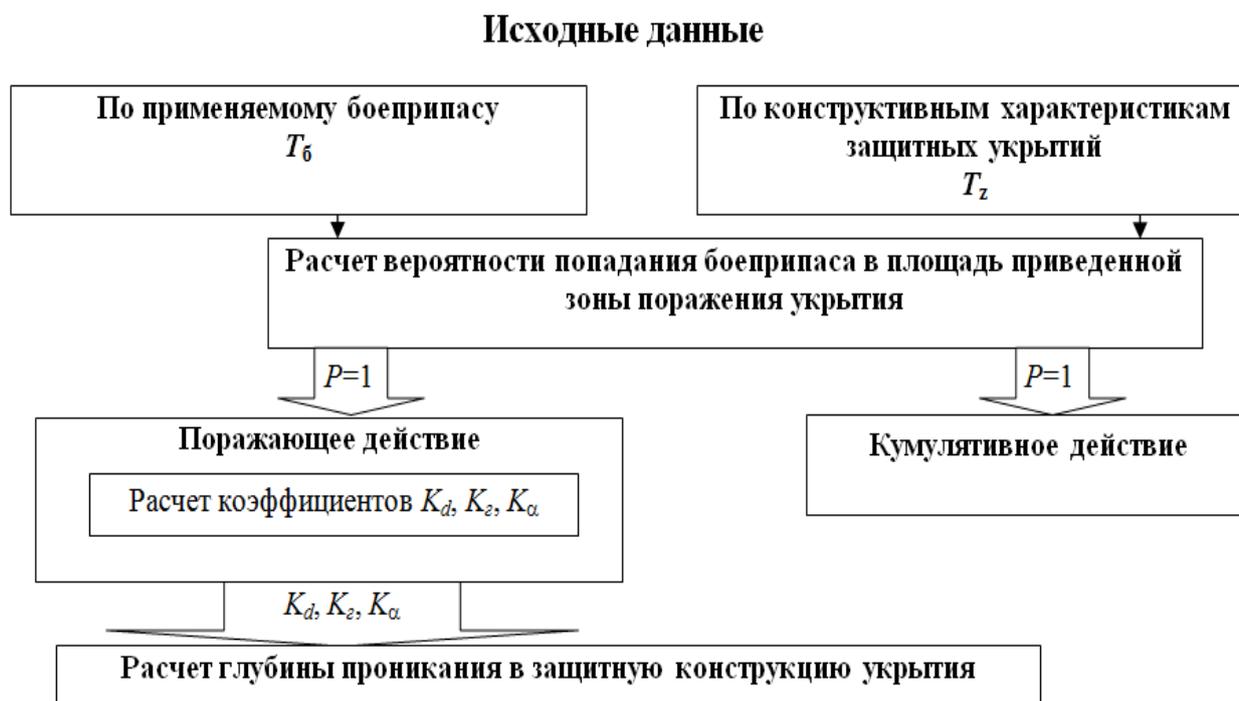


Рис. 1. Общая структура модели

Вероятность попадания авиационного средства поражения в приведенную площадь защитного укрытия определяется ошибками наведения авиационного боеприпаса, которые характеризуются плотностью рассеива-

ния точек разрыва боевой части боеприпаса на плоскости земли.

Выражение для плотности распределения ошибок наведения средства поражения (с учетом случайных и систематических

ошибок) в канонической форме имеет вид:

$$f_p(X, Y) = \frac{\rho^2}{\pi E_X E_Y} e^{-\rho^2 \left( \frac{(X-A_0)^2}{E_X^2} + \frac{(Y-B_0)^2}{E_Y^2} \right)},$$

где  $E_X, E_Y$  – вероятные отклонения рассеивания авиационного средства поражения по осям;  $\rho = 0,4769$  – коэффициент, применяемый при переходе от вероятностного откло-

нения к среднеквадратичному и обратно;  $A_0, B_0$  – отклонение центра рассеивания;  $X, Y$  – координаты защитного сооружения.

Тогда формула определения вероятности попадания одним средством поражения в площадь защитного укрытия  $S_{пр}$  примет вид [4]:

$$P = \iint_{(S_{пр})} f_p(X, Y) dXdY = \left[ \Phi \left( \frac{X - A_0 + l/2}{E_X/\rho} \right) - \Phi \left( \frac{X - A_0 - l/2}{E_X/\rho} \right) \right] \left[ \Phi \left( \frac{Y - B_0 + k/2}{E_Y/\rho} \right) - \Phi \left( \frac{Y - B_0 - k/2}{E_Y/\rho} \right) \right]$$

где  $l$  и  $k$  – эквивалентные линейные размеры защитного сооружения,  $\Phi$  – функция Лапласа.

Расчет разрушения защитного укрытия осуществляется последовательно, вначале определяется полная глубина проникания боеприпаса, затем осуществляется расчет поражающего действия боеприпаса.

Существенную роль для количественной оценки ударного действия боеприпасов играет соотношение скоростей встречи боеприпасов с преградами  $v_0$  и скоростей рас-

пространения в среде упругих деформаций  $a_0$  [1]. Сопоставление соответствующих характеристик современных боеприпасов и материалов позволяет сделать вывод, что скорость проникания в среду на начальном участке траектории может быть дозвуковой и сверхзвуковой.

Скорость встречи с преградой можно определить с помощью графиков (рис. 2). Угол встречи с преградой можно определить с помощью графиков (рис. 3).

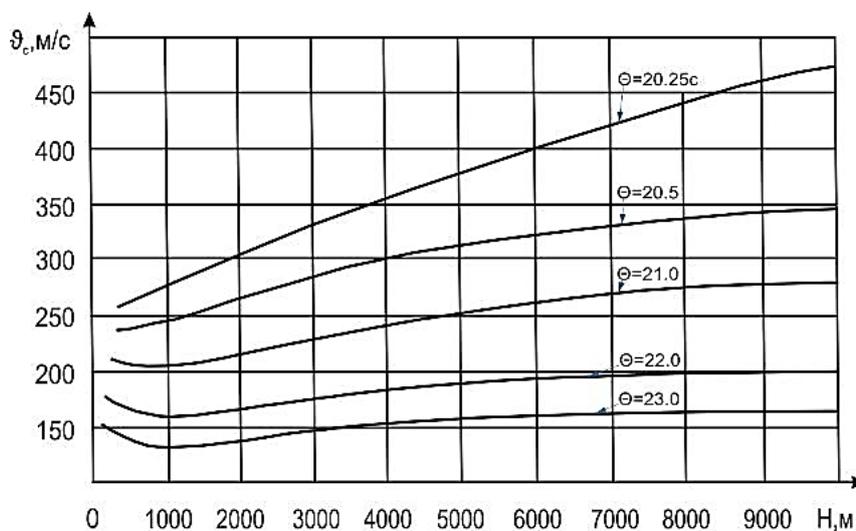


Рис. 2. Зависимости скорости встречи авиабомб с землей от высоты бомбометания для различных значений характеристического времени

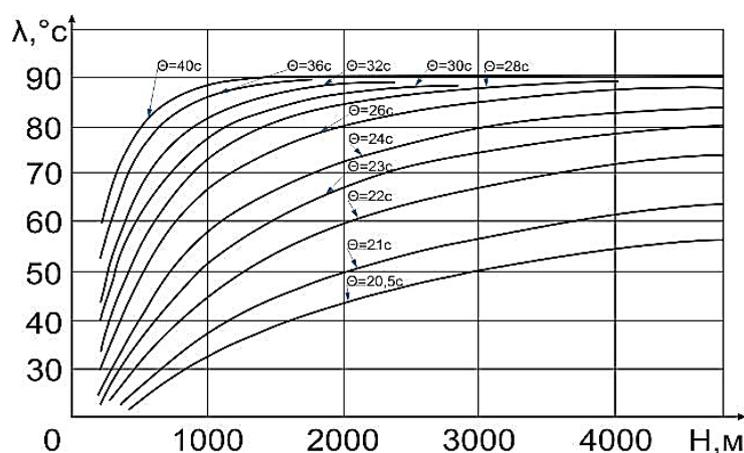


Рис. 3. Зависимости угла встречи авиабомб с поверхностью земли от высоты бомбометания для различных значений характеристического времени

При скорости встречи, превышающей скорость звука в грунте  $v_0 > a_0$ , происходит неупругий удар, так как сопротивление среды прониканию боеприпаса имеет волновой характер.

При скоростях встречи боеприпаса с преградой, не превышающих скорости распространения в среде упругих деформаций ( $v_0 \leq a_0$ ), происходит квазиупругий удар, так как сопротивление среды прониканию боеприпаса имеет статический характер и по величине оно меньше волнового сопротивления.

При  $v_0 \leq 120$  м/с боеприпасы в железобетонные массивные преграды, выполненные из бетона М300 и более не проникают и в этом случае происходит отскок боеприпасов от преграды.

Защитные конструкции укрытий, в которые происходит проникание средств поражения, обычно неоднородны и состоят из нескольких слоев, включают в себя защитную толщину и конструктивный несущий слой.

В том случае, если полная глубина проникания  $h$  в защитную конструкцию укрытия больше ее толщины  $h > H_k$  (условие сквозного пробивания боеприпаса), то вероятность безвозвратных повреждений авиационной техники в защитном укрытии при-

мается равной единице.

Расчетный эксперимент показал высокую вероятность поражения защитных сооружений авиационными средствами противника. Следовательно, живучесть базирования авиации в защитных укрытиях определяется типом защитного укрытия и характеристиками его защитных конструкций. Это означает, что варьирование количества и типа защитных укрытий на аэродромах, а также изменение параметров их защитных конструкций в широких пределах (типа и толщины слоя) позволяет влиять на объем боевых потерь авиационной техники на аэродромах, и, следовательно, на боевые возможности группировки авиации в целом.

#### Библиографический список

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. Геомеханика крупномасштабных взрывов. – М.: «Недра», 1993 г.
2. Бирбраер, А.Н. Экстремальные воздействия на сооружения. [Текст] / А.Н. Бирбраер, А.Ю. Роледер // СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009, 594 с.
3. Барабаш Д.Е., Шепель Я.Е. Расчет заглубленных торообразных сооружений на взрывное воздействие. / Воздушно - космические силы. Теория и практика. - № 4, с. 135-144.
4. Бондаренко В.Н. Курс теории вероятно-

стей (задачи и упражнения): учебное пособие. М.: МГИУ, 2007. – 100 с.

#### Информация об авторах

**Шипилова Елена Алексеевна** – кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»), e-mail: elen\_ship@list.ru

**Нелюбов Илья Константинович** – курсант 1-го курса, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»), e-mail: vaiu@mil.ru

**Иванов Владислав Юрьевич** – курсант 1-го курса, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»), e-mail: vaiu@mil.ru

#### Information about the authors

**Elena A. Shipilova**, Ph.D. in Engineering, associate professor, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (394064, Russia, Voronezh, Staryh Bolshevikov street, 54 «A»), e-mail: elen\_ship@list.ru

**Ilya K. Nelyubov**, cadet of 1 course, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (394064, Russia, Voronezh, Staryh Bolshevikov street, 54 «A»), e-mail: vaiu@mil.ru

**Vladislav Yu. Ivanov**, cadet of 1 course, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (394064, Russia, Voronezh, Staryh Bolshevikov street, 54 «A»), e-mail: vaiu@mil.ru

УДК 378:004

## ОЦЕНКА РЕЙТИНГОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ВОЕННЫХ КАФЕДР

**С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, Е.М. Локтев**

*Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** разработанные модели рейтинговых показателей педагогических кадров военных кафедр предлагается использовать для определения общественно-полезной ценности результатов педагогической деятельности. По предложенным моделям можно определить интеллектуальные и управленческие должностные рейтинговые индексы и показатели. Проведенная апробация разработанной методики показала ее универсальность при применении для других категорий военнослужащих. Предложено методику использовать при определении рейтинговых показателей циклов кафедр, кафедр на факультетах и факультетов в вузе

**Ключевые слова:** моделирование, педагогические кадры, военные кафедры, рейтинговые показатели, методика

## ASSESSMENT OF RATING INDICATORS OF PEDAGOGICAL PERSONNEL OF MILITARY DEPARTMENTS

**S.A. Sazonova, S.D. Nikolenko, E.M. Loktev**

*Voronezh state technical University*

**Abstract:** the developed models of rating indicators of the teaching staff of military departments are proposed to be used to determine the socially useful value of the results of teaching activities. The proposed models can be used to determine the intellectual and managerial job rating indices and indicators. The testing of the developed methodology has shown its versatility when applied to other categories of servicemen. The methodology is proposed to use in determining the rating indicators of the cycles of departments, departments at faculties and faculties at a university

**Keywords:** modeling, teaching staff, military departments, rating indicators, methodology

Практика применения разработанных ранее методик, например [1], показала, что в целом они должны позволить:

– произвести оценку соответствия претендента требованиям предъявляемым к преподавателю;

– определить лучших в учебной, ме-

тодической и научной деятельности;

– облегчить процесс выбора кандидатур на должности преподавателя;

– эффективно управлять научно - педагогическим потенциалом кафедры в условиях постоянно меняющихся задач.

В связи с вышеизложенным был проведен анализ основных видов деятельности преподавателя. В ходе анализа оценивались

учебная, методическая и научная работа преподавателя. Также анализировались участие преподавателя в совершенствовании учебно-материальной базы кафедры, в общественной, воспитательной и спортивно-массовой работе, повышение преподавателем квалификации (в том числе в системе подготовки научно-педагогических кадров).

При анализе каждого из видов деятельности рассматривали два компонента. Первый компонент - конечные результаты, характеризующие потенциал преподавателя в каждом из видов деятельности. В методической и научной деятельности например, публикации научных статей, публичные выступления на конференциях, подготовка учебно-методических разработок и др. В повышении квалификации например, оценка индивидуальных результатов по дисциплинам командирской подготовки и своевременность выполнения индивидуальных планов соискателей ученой степени.

Второй компонент - конечные результаты за непосредственные организацию и управление в рассматриваемых видах деятельности. Например, в учебной деятельности это эффективность проведения занятий по расписанию.

В результате, преподаватель по каждому  $j$ -му виду деятельности оценивался по двум рейтинговым показателям. Эти показатели в сумме представляли рейтинговый показатель по конкретному виду деятельности:

$$R_g^j = R_{u,g}^j + R_{y,g}^j, j = 1,8, \quad (1)$$

где  $R_{u,g}^j$  – рейтинговый интеллектуальный (методический) показатель. Он характеризует научно-методический и педагогический потенциал в  $j$ -м виде деятельности;  $R_{y,g}^j$  – рейтинговый управленческий показатель. Он характеризует организаторскую эффективность преподавателя по достижению цели в  $j$ -м виде деятельности.

В итоге общий рейтинг  $j$ -го преподавателя представляет сумму рейтинговых показателей:

$$R_g = \sum_{j=1}^g R_g^j, \quad (2)$$

где  $g$  - должности А (ассистент), П (преподаватель), СП (старший преподаватель), Д (доцент), ПР (профессор), ЗНК (заместитель начальника кафедры), НК (начальник кафедры).

При расчете рейтинговых показателей преподавателей учитывались следующие позиции:

- общественно - полезная ценность результатов деятельности;
- нерегламентированность работы преподавателя;
- значимость результатов деятельности;
- поощрения и наказания за конкретные результаты деятельности;
- штраф за невыполненную работу без уважительных причин;
- предыстория рейтинговых показателей за предыдущие годы.

Первая позиция: общественно-полезная ценность результатов деятельности, а именно подготовки офицерских кадров (офицеров запаса). Если были другие общественно-полезные результаты, то они учитывались в разделе «Внерабочее время».

Вторая позиция: нерегламентированность работы преподавателя. Все основные виды деятельности в вузе имеют плановый бюджет времени (табл. 1).

Этот плановый бюджет, отводимый на  $j$ -м виде деятельности для  $g$ -го должностного лица кафедры  $T_{пл,g}^j$ , который можно представить в виде суммы

$$T_{пл,g}^j = \sum_{i=1}^n t_{i,пл}^j, \quad (3)$$

где  $t_{i,пл}^j$  – плановое время, которое дается  $g$ -му должностному лицу для получения  $i$ -го результата в  $j$ -й деятельности;

Из опыта преподавания известно, что часы на организаторскую деятельность со-

ставляют примерно 10% от всего времени для данного вида деятельности. Например, на одной паре занятий в аудитории, преподаватель затрачивает около 10 минут на чисто организационные вопросы (прием доклада, поддержание дисциплины и порядка на занятии и т.д.).

При распределении бюджета времени необходимо учесть, что преподавателю по должностным обязанностям необходимо иметь навыки руководства, следует предусматривать время на планирование, анализ мероприятий, а так же подведение итогов.

При этом подведение итогов и постановка задач проводится преподавателем за счет времени, отводимого на занятия. Так же ответственным за другие управленческие функции необходимо предусматривать время на планирование и анализ.

Если обозначить:  $X$  – предполагаемая стоимость одного часа для интеллектуальной работы преподавателя;  $Y$  – предполагаемая стоимость одного часа труда организационной работы преподавателя;  $K_g$  - должностной коэффициент определяется по формуле:

$$K_g = \frac{O_g}{O_{\Pi}}, \quad (4)$$

где  $O_g$  – оклад по должности должностного лица преподавательского состава;  $O_{\Pi}$  - оклад по должности преподавателя ( $\Pi$ );  $\mu_g$  - коэффициент значимости должности преподавательского состава определяется по формуле:

$$\mu_g = \frac{O_g^{\Sigma}}{O_{\Pi}} \quad (5)$$

где  $O_g^{\Sigma}$  - оклад в соответствии с должностью и с учетом надбавок за ученую степень и ученое звание.

При выполнении работы использовались материалы исследований [2-20].

Разработанная методика может быть распространена на профессорско - преподавательский состав военной кафедры, что доказывают результаты проведенной апробации методики.

Проблемы комплектования военных кафедр педагогическими кадрами являются основной в повышении качества учебного процесса. Проведенные исследования показывают, что так как на военные кафедры приходят офицеры в воинском звании майор-полковник с большой выслугой лет, то есть несколько путей проблемы:

– моделирование рейтинговых показателей педагогических кадров как научно обоснованной оценки профессиональной деятельности преподавателей военных кафедр, в итоге ориентировано на значимость конечных результатов с учетом поощрений и "штрафов" в зависимости от итогов деятельности;

– предложенная методика может быть распространена узко специализированные виды деятельности с учетом разнообразия особенностей этой деятельности с целью выявления лидеров.

#### Библиографический список

1. Ефимов, Н.Н. Педагогические основы военной подготовки студентов в вузе / Н.Н. Ефимов, С.В. Чернеев и др. // Учебное пособие. - М.: МГУ, 1986 - 311 с.
2. Проскурин, Д.К. Сходимость вычислительного процесса при реализации вариационного метода решения краевой задачи гидродинамики / Д.К. Проскурин, Д.В. Сысоев, С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2021. - Т. 17. - № 3. - С. 14-19.
3. Меркулов, А.С. Моделирование процессов, влияющих на качество бетонных покрытий дорог / А.С. Меркулов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 38-44.
4. Николенко, С.Д. Моделирование процесса износа кирпичных зданий / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 44-50.
5. Рогов, Н.Ю. Моделирование процесса обследования железобетонных опор технологических эстакад / Н.Ю. Рогов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. 2021. Т. 14. № 1. С. 68-73.
6. Николенко, С.Д. Моделирование работы конструкций из дисперсно-армированного бетона при знакопеременной динамической нагрузке большой интенсивности / С.Д. Нико-

ленко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 3. - С. 36-44.

7. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.

8. Пантелеев, А.И. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.

9. Кузнецова, Л.А. Исследование влияния на прочность при изгибе элементов конструкций армированных металлическими фибрами / Л.А. Кузнецова, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, А.А. Осипов, Н.В. Заложных // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 4. - С. 51-57.

10. Старцев, В.Н. Анализ прочности монолитного перекрытия здания и контроль проектной документации / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 57-63.

11. Старцев, В.Н. Моделирование термонапряженного состояния фундамента и разработка мероприятий по улучшению эксплуатационных свойств бетона / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 64-71.

12. Николенко, С.Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 76-85.

13. Сазонова, С.А. Итоги разработок тематических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.

14. Жидко, Е.А. Логико-лингвистическая модель интегрированного менеджмента организации в XXI веке / Е.А. Жидко // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 1 (16). - С. 91-93.

15. Жидко, Е.А. Информационная безопасность инновационной России: проблема кадров / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Информация и безопасность. - 2011. - Т. 14. - № 2. - С. 201-208.

16. Михневич, И.В. Исследование влияния теплового воздействия на прочностные характеристики бетона / И.В. Михневич, С.Д. Николенко // Научный журнал строительства и архитектуры. - 2017. - № 3 (47). - С. 43-51.

17. Панов, М.Я. Методология факторного анализа водораспределения и водопотребления / М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.С. Квасов // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2001. - № 5. - С. 82.

18. Асмнин, В.Ф. Об одном из путей снижения шума в сложившейся жилой застройке, прилегающей к остановочным пунктам общественного автотранспорта / В.Ф. Асмнин, У.Ю. Корда // Безопасность жизнедеятельности. - 2011. - № 4 (124). - С. 21-24.

19. Сазонова, С.А. Расчет смешанным методом статически неопределимых рам с элементами повышенной жесткости и численная проверка результатов расчетов с помощью метода конечных элементов / С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 54-66.

20. Сазонова, С.А. Моделирование опасных внутренних усилий при расчете смешанным методом статически неопределимых рам со стержнями заданной жесткости / С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 44-54.

### Информация об авторах

**Сазонова Светлана Анатольевна** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Николенко Сергей Дмитриевич** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

**Локтев Евгений Михайлович** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

### Information about the authors

**Svetlana A. Sazonova**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Sergey D. Nikolenko**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

**Evgeny M. Loktev**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

УДК 004.651.52

## ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА ЧАСТИ РЭБ

А.В. Звягинцева<sup>1</sup>, В.В. Кульнева<sup>1</sup>, Д.И. Матюхин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Воронежский государственный технический университет*

<sup>2</sup>*Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина*

**Аннотация:** рассмотрены вопросы разработки основных положений экологического паспорта части РЭБ. Делаются выводы в целом - выявить источники выбросов вредных веществ в атмосферу и определить объём выбросов этих веществ на установке РЭБ. Определяются проблемы охраны окружающей среды ВС

**Ключевые слова:** экологический паспорт, ПДВ, ПДС, выбросы в атмосферу, вредные вещества

## ISSUES OF DEVELOPMENT OF THE MAIN PROVISIONS OF THE ENVIRONMENTAL PASSPORT OF THE ELECTRONIC WARFARE PART

A.V. Zvyagintseva<sup>1</sup>, V.V. Kulneva<sup>1</sup>, D.I. Matyukhin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Voronezh State Technical University*

<sup>2</sup>*Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin*

**Abstract:** the issues of developing the main provisions of the environmental passport of the electronic warfare part are considered. Conclusions are drawn in general - to identify the sources of emissions of harmful substances into the atmosphere and to determine the amount of emissions of these substances at the EW installation. The problems of environmental protection are determined by ALL

**Keywords:** environmental passport, PDV, PDS, emissions into the atmosphere, harmful substances

Экологический паспорт – нормативно-технический документ, включающий данные по использованию предприятием природных ресурсов (первичных, вторичных и др.), определению влияния технологического процесса на окружающую среду, учету природоохранной деятельности [1-5].

Экологическая паспортизация военных объектов РЭБ проводится в целях:

- получения достоверной информации о состоянии окружающей природной среды в районе дислокации войск;

- обеспечения экологической безопасности войск и населения в районах их дислокации и деятельности, принятия решений по устранению (максимальному ослаблению) степени воздействия экологически опасных и вредных факторов, управлению качеством окружающей природной среды на военных объектах;

- оценки экологичности войсковой деятельности с точки зрения рационального использования природных ресурсов, прежде

всего расхода сырья, энергии, материальных и иных ресурсов, выброса загрязняющих веществ;

- оценки негативного воздействия повседневной деятельности соединений (частей) на окружающую среду в части определения валового количества выбросов, сбросов и твердых отходов за учетный период времени;

- определения наличия и эффективности работы очистных сооружений, контроля над выполнением мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду [6]. Экологической паспортизации подвергаются все действующие предприятия Министерства обороны (ремонтные заводы, арсеналы, военные объекты) и по согласованию с местными органами власти экологически опасные территории (полигоны, аэродромы, базы флота, учебные поля, склады и базы горючего) [7].

Экологическая паспортизация военных объектов РЭБ включает выполнение следующих мероприятий:

- определение местных природно -

климатических характеристик и экологического состояния окружающей природной среды;

- сбор сведений о технологических процессах, использовании земельных, материальных и энергетических ресурсов, сырья;

- инвентаризацию источников загрязнения окружающей природной среды, установление характеристик выбросов в атмосферу, водопотребления и водоотведения, радиационных и электромагнитных излучений, шумовых и других экологически опасных и неблагоприятных факторов [8];

- определение или разработку проектов нормативов ПДВ, ПДС в окружающую природную среду, лимитов размещения отходов и согласование их с территориальными природоохранными органами, получение разрешения на специальное водопользование;

- оформление экологических паспортов [9].

В первый блок входят документы, лимитирующие загрязнение воздушной и водной среды, разрешение на вывоз и захоронение твердых отходов. Они служат основой для органов, контролирующих природоохранную деятельность соединений (частей).

Второй блок включает документы по вопросам рационального использования природных ресурсов: разрешение на водо- и землепользование, землеустройство и лесопользование, и другие показатели. В обязательном порядке в экологическом паспорте отражаются:

- реквизиты объекта и общие сведения о нем;

- краткая природно - климатическая характеристика района дислокации объекта;

- сведения о состоянии окружающей природной среды (фоновые показатели);

- сведения об использовании земельных ресурсов;

- характеристики использования материальных и энергетических ресурсов;

- характеристики выбросов в атмосферу: приводятся нормативы ПДВ для каждого ингредиента (загрязняющего вещества),

подлежащего учету и контролю, а также фактические значения этих выбросов на момент заполнения паспорта;

- характеристики сбросов: в поверхностные водоемы, системы канализации, системы водооборотного водоснабжения с указанием нормативов ПДС по каждой позиции сброса на момент заполнения паспорта;

- характеристики водопотребления и водоотведения;

- сведения о несанкционированных аварийных (залповых) выбросах и сбросах: приводятся средние значения данных показателей по объекту, фактическое значение по годам, начиная с года составления данного экологического паспорта, штрафные санкции за сокрытие фактов несанкционированных залповых выбросов и сбросов;

- характеристики полей воздействия параметрических загрязнений: приводятся нормативные значения предельно допустимых уровней параметрических загрязнений и их фактические значения;

- характеристики пылегазозащитного оборудования, очистных сооружений и устройств, снижающих (устраняющих) воздействие загрязняющих веществ и их эффективность;

- характеристики санитарно - защитных зон: указываются их нормативные и фактические значения, характеристики отходов, образующихся в результате деятельности объекта, требования к их размещению, а также согласованные нормативы объемов размещения;

- сведения о загрязнении территорий, нарушенном экологическом состоянии земель и акваторий;

- сведения о рекультивации нарушенных земель;

- сведения об организации и эффективности природоохранной деятельности (затраты на природоохранную деятельность, сведения о согласованных и утвержденных в установленном порядке нормативах ПДВ, ПДС, лимитах на размещение отходов и других документах по экологическим ограничениям и их соблюдению, компенсационные

платежи за загрязнение окружающей среды и использование природных ресурсов) [10, 11].

Как правило, в экологический паспорт военного объекта РЭБ не вносятся сведения закрытого характера, а также данные о количественных и качественных характеристиках технологических процессов, не отражающихся на экологической обстановке в зоне влияния объекта [10]. В нашем случае мы рассматриваем такой вариант - объект воздействия РЭБ.

Объектами воздействия в ходе РЭБ являются важные радиоэлектронные объекты (элементы систем управления войсками, силами и оружием, использующие радиосредства), нарушение или срыв работы которых приведёт к снижению эффективности применения противником своих вооружений [11].

Целями радиопомех являются радиолинии связи, управления, наведения, навигации. Помехи воздействуют, главным образом, на приёмную часть радиосредств. Для создания радиопомех используются активные и пассивные средства. К активным средствам относятся средства, которые для формирования излучений используют принцип генерирования (например, передатчики, станции помех). Пассивные средства - используют принцип отражения (переизлучения) (например, дипольные и угольные отражатели).

В настоящее время РЭБ представляет собой комплекс согласованных мероприятий и действий войск, которые проводятся в целях:

- снижения эффективности управления войсками и применения оружия противника;
- обеспечения заданной эффективности управления войсками;
- применения своих средств поражения.

В нашем случае, учитывая специфику РЭБ, формы экологических паспортов военных объектов должны предусматривать воз-

можность автоматизированной обработки информации программными средствами, сертифицированными в соответствующих организациях, а также хранение их в составе электронных банков данных. Мы рассматриваем РЭБ установки только в качестве грузовых автомобилей, и рассчитывать нормирование будем в дальнейшем только этот вариант. РЭБ установки вида грузовой автомобиль [12, 13]:

1. Комплекс радиоэлектронной борьбы «Красуха-4». Мобильные комплексы радиоэлектронной борьбы «Красуха-4» подавляют спутники-шпионы, наземные радары и авиационные системы АВАКС (система дальнего радиолокационного обнаружения и управления – Airborne Warning and Control System, AWACS).

2. Комплекс радиоэлектронной борьбы «Ртуть-БМ». Основное назначение станции – защита живой силы и техники от одиночного и залпового огня артиллерийских боеприпасов, оснащенных радиовзрывателями. Система способна произвести подрыв снаряда на безопасной высоте или вывести радиовзрыватель из строя. Изменение работы радиовзрывателя снаряда достигается за счёт применения специального приёмника, который определяет несущую частоту взрывателя и воспроизводит необходимые для подрыва боеприпаса сигналы. Время определения частоты составляет несколько микросекунд, а формирование ответного сигнала — до нескольких миллисекунд, при этом формируется квази-непрерывная помеха, при этом воздействие осуществляется даже на взрыватели, имеющие специальные каналы защиты от радиопомех.

Расчет загрязнения атмосферы выбросами из источников (в нашем случае РЭБ установки типа грузовой автомобиль) проведен с использованием программы УПРЗА ЭКОЛОГ (версия 3.0) [14]. Источники выделения загрязняющих веществ (таблице) [6, 9, 10, 11, 13].

Таблица 1

## Вредные вещества

Вредное вещество		Количество ЗВ, отходящих от ИВ			№ газо-очистно гооборуд. Если пров. Очистка	Номер ИЗА, в который поступают вредные в-ва от ИВ	При мечача-ние
код	Наименование	В каждом режиме		Всего т/год			
		г/с	т/год				
0337	Углерода оксид	0,14524	0,4882	0,4882	-	6001	
2704	Бензин	0,02654	0,0601	0,0601	-		
2732	Керосин	0,00698	0,0073	0,0073	-		
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,00447	0,0155	0,0155	-		
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,00073	0,0025	0,0025	-		
0330	Серы диоксид (Ангидрид сернист.)	0,00049	0,0017	0,0017	-		
0328	Углерод черный (Сажа)	0,00055	0,001	0,001	-		
0123	диЖелезотриоксид (Железа оксид)	0,00009	0,00008	0,00008	-	6002	
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO <sub>2</sub>	0,000002	0,000001	0,000001	-		
0337	Углерода оксид	0,0305	0,257626	0,257626	-	6003	
2704	Бензин	0,0043	0,029668	0,029668	-		
2732	Керосин -	0,00053	0,001137	0,001137	-		
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,00055	0,004245	0,004245	-		
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,00009	0,00069	0,00069	-		
0330	Серы диоксид (Ангидрид сернист.)	0,00013	0,000713	0,000713	-		
0328	Углерод черный (Сажа)	0,00004	0,000097	0,000097	-		
0337	Углерода оксид	0,0239	0,001	0,001	-	6004	
2704	Бензин	0,00326	0,0001	0,0001	-		
2732	Керосин	0,00008	0,000008	0,000008	-		
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,00017	0,00002	0,00002	-		
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,00003	0,000004	0,000004	-		
0330	Серы диоксид (Ангидрид сернист.)	0,00003	0,000004	0,000004	-		
0328	Углерод черный (Сажа)	0,00001	8E-07	8E-07	-		
0322	Серная кислота (по молек H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	4.75E-06	1.97E-05	1.97E-05	-	8	

Расчет загрязнения атмосферы выбросами из источников объекта (РЭБ установки) проведен с использованием программы УПРЗА ЭКОЛОГ (версия 3.0). В соответ-

ствии с проведенным расчетом целесообразности, расчет рассеивания признан целесообразным: по диоксиду азота, оксиду азота, саже, диоксиду серы, оксиду углерода,

керосину.

Анализ результатов расчетов показал, что концентрации загрязняющих веществ, целесообразных для расчета в контрольных точках на границе СЗЗ не превышают ПДК. Нормативы ПДВ устанавливаются на уровне фактических выбросов.

### Библиографический список

1. Аникин А. Экологическое обеспечение ВС // Военно-экологический журнал. № 1. 1994.
2. Григорьев С.И., Родионов А.С. Военная экология и экологическое обеспечение ВС РФ.
3. Леонов Ю.А. О военных аспектах экологического обеспечения ВС РФ // Военная мысль. № 4. 1996.
4. Методическое пособие по организации службы войск и обеспечению безопасности военной службы в воинской части, учреждении, гарнизоне. Т. 1 и 2. Самара. 1997.
5. Родионов А.С. Экологическое обеспечение жизнедеятельности войск и населения // Военная мысль. № 1. 1993.
6. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.
7. Звягинцева А.В., Тенькаева А.С., Мозговой Н.В. Воздействие состава природной воды на коррозионную стойкость стали Х40 магистральных трубопроводов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 5. С. 276-282.
8. Солодов Е.А., Звягинцева А.В. Анализ рисков дорожно-транспортных происшествий на

примере опасных участков дороги города Воронежа // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 8. С. 72-75.

9. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Автоматизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок // Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.

10. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.

11. Звягинцева А.В., Самофалова А.С., Кульнева В.В. Информационно-аналитический расчет и построение карт рассеивания загрязняющих веществ при стоянках железнодорожных цистерн с нефтепродуктами // Моделирование систем и процессов. 2020. Т. 13. № 2. С. 22-32.

12. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.

13. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.

14. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.

### Информация об авторах

**Звягинцева Алла Витальевна** – кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: zvygincevaav@mail.ru

**Кульнева Виолетта Владимировна** – инженер, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), тел. 8-908-148-9713

**Матюхин Денис Игоревич** – курсант, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, улица Старых Большевиков, 54а), тел.: 8-473-226-6013

### Information about the authors

**Alla V. Zvyagintseva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: zvygincevaav@mail.ru

**Violetta V. Kulneva**, Engineer, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-908-148-9713.

**Denis I. Matyukhin**, Cadet, Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54a, Starye Bolshevnikov Street, Voronezh, 394064, Russia), ph.: 8-473-226-6013



УДК 614.8

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ю.Н. Деренко, С.А. Онищенко

*Академия гражданской защиты МЧС ДНР*

**Аннотация:** в статье описывается гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ), его принцип работы, схема подключения, состав комплекта, гидролинии. Также предоставлены иллюстрации с образцами оборудования с его описанием

**Ключевые слова:** МЧС ДНР, ГАСИ обучение, комплекс, спасатель, схема, гидролинии, устройства

## HYDRAULIC EMERGENCY RESCUE TOOL FOR EMERGENCY RESPONSE

Yu.N. Derenko, S.A. Onishchenko

*Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the DPR*

**Abstract:** the article describes the hydraulic rescue tool (GASI), its operating principle, connection diagram, kit composition, hydraulic lines. Illustrations with samples of equipment with its description are also provided

**Keywords:** EMERCOM of the DPR, GASI training, complex, lifeguard, scheme, hydrolines, devices

На МЧС ДНР возложено множество функций, одной из которых является подготовка в образовательных учреждениях МЧС ДНР специалистов в области защиты населения и территорий Донецкой Народной Республики от чрезвычайных ситуаций. Для подготовки специалистов необходимы специальные учебно-тренировочные комплексы, позволяющие получить первоначальные навыки работы с аварийно-спасательным инструментом и оборудованием [1-5].

Во время тушения пожаров возникают ситуации, когда для вскрытия конструкций необходимы более мощные средства, чем во время проведения аварийно-спасательных работ [6]. Из всего перечня инструментов, которыми оснащаются аварийно - спасательные службы, большого внимания, заслуживает гидравлический аварийно - спасательный инструмент [3]. Входящие в его ком-

плект приставки сами по себе являются многофункциональными и способны облегчить выполнение специальных работ, как при ликвидации аварий, так и при тушении пожаров [7].

Потребность и область применения гидравлического аварийно - спасательного инструмента (ГАСИ) постоянно растут и расширяются. Это обусловлено возложенными на пожарно-спасательные подразделения задачами, а также ростом числа дорожно-транспортных происшествий [6, 7].

Гидравлический аварийно - спасательный инструмент (ГАСИ) предназначен для проведения аварийно-спасательных работ в чрезвычайных ситуациях и для ликвидации их последствий (рис. 1), а также для проведения специальных работ на пожаре и в условиях низких температур [4].

Гидравлический аварийно - спасательный инструмент очень эффективен при тушении пожаров в труднодоступных зонах,

таких как: запертая квартира или дома, в которых нет хозяев, при обрушении каких-либо строительных конструкций, представляющих преграду для подачи огнетушащих веществ на открытые поверхности горения, создание разрывов для предотвращения расширения пожаров, ликвидация очагов горения, удаление дыма и газов [8].

Для выполнения таких работ необходимо специальное оборудование, которым оснащаются пожарные автомобили, а также эффективное при спасении людей и эвакуации имущества при пожарах.

Принцип действия ГАСИ, основан на передаче энергии, преобразующей поступательное движение поршня и штока гидроци-

линдра с помощью рычажно - шарнирных звеньев в работу по выполнению различных операций [3], рис. 2.

Аварийно - спасательный переносной инструмент механизированный - инструмент, исполнительный орган которого приводится в действие за счет энергии, вырабатываемой без затрат мускульных усилий спасателя.

#### *Принцип работы.*

Пожарный гидравлический инструмент – инструмент, приводимый в действие от ручного (ножного) насоса или от электро-, мото- или пневмоприводного насосного агрегата, предназначенный для выполнения работ на пожаре.



Рис. 1. Комплект гидравлического аварийно - спасательного инструмента (ГАСИ)

Бывает:

- Однополостный.
- Двуполостный.

*Состав комплекта.*

В состав ГАСИ, включаются следующие образцы рабочего инструмента и оборудования: расширители (разжимы) для перемещения элементов разрушенных конструкций завалов, прокладывания в них проходов, расширения щелей в стыке между ними, удержания грузов в фиксированном положении, деформирования и стягивания металлических конструкций, пережатия труб для приостановления течи опасных веществ. В

комплект ГАСИ обычно входит:

- источника давления, такие как гидравлические насосные станции или ручные гидравлические насосы;
- катушки или гидролинии;
- от двух до четырех моделей расширителей, которые отличаются по величине раздвигающего и тягового усилия и раскрытию рычагов;
- кусачки (челюстные резак, ножницы), предназначенные для разрезания листового металла, перекусывания стальных прутков, труб, уголков и других профилей, а также стальных тросов и кабелей;

– комбинированные ножницы (разжим-кусачки, комбинированные челюстные резачки), которые сочетают в себе свойства расширителей и кусачек;

– гидравлические домкраты и цилиндры, используемые для поднятия железобетонных плит и разрушенных элементов их конструкций, автомобилей, а также перемещения других тяжелых предметов;

– вспомогательные инструменты для выполнения специфических операций [1].

*Источники давления.*

В качестве привода гидравлической станции высокого давления применяются

бензиновые и электрические двигатели. Привод при включении приводит в действие насос. В ручных насосах в качестве привода выступают мышечные усилия спасателей, рис. 3.

*Гидролинии*

Катушки рукавные являются составной частью переносного аварийно - спасательного инструмента, содержат компактно размещенные гибкие гидролинии и предназначены для соединения источника питания (ручного насоса или переносной станции) с исполнительным устройством (инструментом), рис. 4.

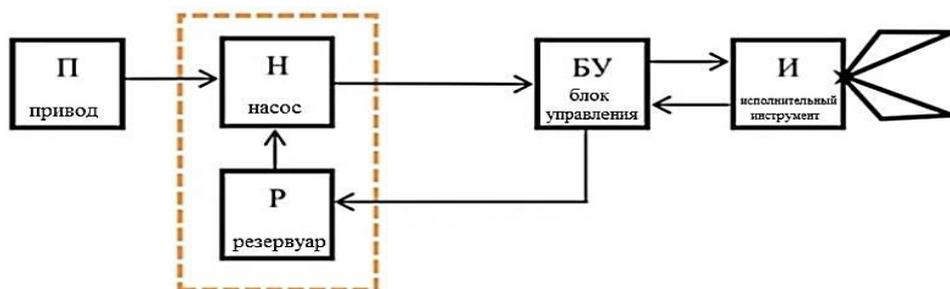


Рис. 2. Принципиальная упрощенная схема ГАСИ



Рис. 3. Источники давления ГАСИ



Рис. 4. Катушки рукавные

*Исполнительные устройства.*

На примере одного инструмента будет описан принцип работы, как сообщалось выше в статье, он одинаковый, различаются только рабочие элементы, ГАСИ (разжимы, кусачки, домкрат).

Рабочая жидкость от ручного насоса (насосной станции) по нагнетательному рукаву подается в блок управления, с помощью которого, поворотом рукоятки, оператор производит управление работой расширителя.

Рукоятка управления имеет ТРИ положения:

- сжатие рычагов;
- нейтраль;
- разведение рычагов [2].

Наиболее простыми по конструкции и применению являются гидравлические *домкраты и цилиндры*, которые могут быть одноступенчатыми и двухступенчатыми.

*Домкраты* предназначены для подъема груза, расширения проёма между объектами и стягивания элементов конструкций с помощью специального набора принадлежностей при проведении аварийно - спасательных работ в зонах чрезвычайных ситуаций, аварий (в том числе на транспорте) [6, 9, 10].

Кроме этого, катастроф, пожаров, стихийных бедствий (обвалов, землетрясений, оползней) [11, 12], а также при строительных и монтажно - демонтажных работах в различных отраслях промышленности [9, 10].

*Цилиндр* силовой двойного действия односторонний предназначен для ведения спасательных работ по проделыванию проходов в завалах, раздвижению, приподнятию, поддержанию грузов, их стягиванию и удерживанию в фиксированном положении в условиях ликвидации последствий землетрясений, аварий, катастроф на суше, в пресной и морской воде на глубине до 10 метров.

*Домкраты и цилиндры:*

- используют при наличии небольшого зазора при минимальной его высоте, поднимая или перемещая груз на расстояние, которое определяет ход штока;

- применяют при проведении спасательных, аварийно-восстановительных рабо-

тах в зонах ЧС;

- осуществляют подъем и надежную фиксацию перемещаемых объектов в заданном положении;

- в комплекте с цепями выполняют перемещение (подтаскивание) тяжелых элементов;

- комплектуют съемными наконечниками, удлинителями, опорами (в том числе и сферическими).

Более сложными по конструкции являются такие инструменты, как *расширитель, резак, кусачки, ножницы*.



Рис. 5. Расширитель

*Расширитель* применяется для перемещения различных объектов, проделывания проходов в завалах, расширения щелей в стыке трудно раздвигаемых объектов, удержания грузов в фиксированном положении, деформирования и стягивания, рис. 5.

Расширители, в отличие от домкратов, могут начинать раздвижку с малых зазоров (10-30 мм). В ряде случаев начальный зазор может быть образован непосредственно инструментами (при использовании их как тяжелых клиньев). Рабочим органом расширителя служат две симметрично расположенные удлиненные губки (силовые элементы), которые при движении поршня в гидроцилиндре за счет рычажно-шарнирной передачи веерообразно расходятся или сходятся, осуществляя силовой разжим или сжатие. Максимальное усилие на губках реализуется при расширении в прямом ходе поршня. При обратном ходе за счет уменьшения площади поршня (наличие штока) усилия на губках несколько снижаются [3].



Рис. 6. Гидроклин ККГ-80



Рис. 7. Гидравлический резак



Рис. 8. Кусачки

*Гидроклин* ККГ-80 применяется для отжата стальных дверей, фланцев трубопроводов, расширения щелей, где отсутствие зазоров не дает возможности применения других инструментов, рис. 6.

Гидроклин образует зазоры между поверхностями разжимаемых объектов с помощью ползуна путем силового отжата за счет проникновения в щели выступающих концов гибких металлических упорных пластин, закрепленных поверх коротких жестких опорных пластин. Ползун в виде клина под воздействием давления в гидроцилиндре на поршень перемещается линейно вперед, контактируя через упорные пластины с поверхностями разжимаемых объектов.

*Гидравлические резак и кусачки* предназначены для разрезания прутков из различных материалов, профилей, проволоки, тросов, кабелей, труб, перемычек, конструктивных элементов при проведении аварийно-спасательных работ в зонах экстремальных ситуаций, аварий, в том числе на транспорте [6, 11], рис. 7.

Кроме этого, катастроф, пожаров, стихийных бедствий (обвалов, землетрясений, оползней и другие опасные явления) [7, 8, 11, 12].

А также при строительных и монтажно-демонтажных работах в различных областях промышленности [13-15].

Резак производит работу двумя серповидными лезвиями, которые при раскрытии образуют с-образную зону полуохватывающую разрезаемый предмет. Сжатие лезвий и резание происходят при прямом ходе поршня (реализация наибольших усилий). Режущие кромки лезвий в большинстве случаев имеют две зоны: общую — для резания различных конструкций и предметов, входящих в зев между лезвиями, и специальную (в виде корневой выемки) для резания металлических прутков и арматуры. Корневая выемка максимально приближена к оси поворота лезвий, где развиваются наибольшие усилия [3].

Кусачки применяются для резания листового металла, труб, перекусывания арматуры из стали, рис. 8.

Кусачки, в отличие от резака, обеспечивают «перекусывание» различных элементов при движении режущих кромок ножей навстречу друг к другу встык.

Ножницы комбинированные применя-

ются для резания листов металла, труб, перекусывания арматуры из стали, а также для раздвижения, поднимания и удержания грузов в фиксированном положении, рис. 9.

Имея удлиненные лезвия они, как и резак, позволяют выполнять работу при прямом ходе поршня (реализация наибольших усилий). На некоторых моделях имеются заточенные зубья на внешней кромке лезвий, при помощи которых осуществляется вспарывание глухих металлических листов и создается пространство для начала резки или расширения.

Расширитель - ножницы является универсальным инструментом и, как правило, имеет удлиненные лезвия с прямой режущей кромкой, снабженные рядом выемок для удержания от выдавливания перерезаемого

материала, рис. 10.

Наружные концы лезвий имеют рабочие площадки с рифлениями для выполнения операций по расширению. У большинства моделей прямое движение поршня используется для резания и стягивания, а обратное относительно меньшим усилием - для расширения.

Ножницы комбинированные НКГС-80 и кусачки КГС-80 предназначены для ведения спасательных работ в условиях ликвидации последствий землетрясений, аварий, катастроф на суше, в пресной и морской воде на глубине до 10 метров и наводнениях [16, 17]. По проделыванию проходов в завалах, перекусыванию арматуры, перерезыванию листовой обшивки, рис. 11, 12.



Рис. 9. Ножницы комбинированные



Рис. 10. Раширитель - ножницы



Рис. 11. Кусачки КГС -80

Кроме этого НКГС-80 предназначены для ведения монтажных работ, раздвижения и приподнимания, удерживания грузов в фиксированном состоянии. Комбинированные ножницы (кусачки, гидроклин) выполнены в виде жестко соединенных между собой узлов и агрегатов. Отсутствие гибких

трубопроводов и разъемных соединений повышает надежность, сокращает время подготовки к работе, позволяет выполнять операции одному человеку [4, 16, 17].

При использовании гидравлического аварийно - спасательного инструмента требуется контролировать его техническое со-

стояние для качественного проведения спасательных работ.

Содержание гидравлического инструмента (ГАСИ) заключается в присмотре за его состоянием и обеспечении готовности для производства аварийно - спасательных работ. Ремонт ГАСИ - это мероприятия, направленные на восстановление первоначальных качеств и обеспечение постоянной эксплуатационной готовности.



Рис. 12. Ножницы комбинированные НКГС-80

Эксплуатационное содержание – совокупность мероприятий по проверке и оценке состояния ГАСИ, которые включают в себя:

- систематический контроль;
- детальный осмотр, контроль и выполнение работ по содержанию;
- выполнение работ по регламенту.

Систематический контроль включает мероприятия, направленные на проверки и оценки рабочего состояния гидравлического аварийно-спасательного оборудования (ГАСИ), как плановые - ежедневная проверка состояния при сдаче караула, так и внеплановые, которые вызваны аварийными и другими обстоятельствами - осмотр и проверка работоспособности после проведения аварийно-спасательных работ.

Гидравлический аварийно - спасательный инструмент максимально эффективен при ликвидации пожаров в таких зонах как: запертая квартира или дома, в которых нет хозяев, обрушении каких-либо строительных конструкций представляющие преграду для подачи огнетушащих веществ на открытые поверхности горения, создание разрывов для предотвращения расширения пожаров, ликвидация очагов горения, удаление дыма и газов. Для выполнения таких работ необходимо специальное оборудование, которым оснащаются пожарные автомобили, а также

эффективно при спасании людей и эвакуации имущества при пожарах.

Гидравлический аварийно - спасательный инструмент полезен в местах, где по соображениям безопасности запрещено использовать электроинструмент. ГАСИ, работает от сжатого воздуха, который подается под давлением 3-6 атм. Применение гидравлического инструмента позволяет безопасно работать в сырых помещениях, внутри металлических емкостей и в тех местах, где пользование электроэнергией представляет собой опасность. К основным недостаткам гидравлического инструмента следует отнести шум и вибрацию, который оказывают вредное влияние на организм человека.

Обучение спасателей знанию штатных технических средств, применяемых при ведении аварийно-спасательных работ, проводится в оборудованных технических классах, учебных площадках или на образцах. Особое внимание уделяется изучению устройства, работы механизмов и агрегатов, применению их в различных ЧС. На всех практических занятиях совершенствуются навыки в проведении осмотров, ежедневных технических обслуживаний, а также соблюдении мер безопасности при работе с ними.

Формирование навыков в применении технических средств, инструмента и оборудования проводится на практических занятиях в учебных городках или учебных площадках с выполнением обучаемым персоналом приемов и способов подготовки их к работе и работе с ними.

Отрабатывается подготовка, проверка, транспортировка, установка, подключение, наладка, обслуживание, текущий ремонт, проводится отработка практических навыков эксплуатации инструментов в различных условиях и режимах работы.

Реализуется отработка практических навыков выполнения групповых работ и навыков взаимодействия, отработка приемов работы с гидравлическими инструментами, отработка навыков эксплуатации ГАСИ в различных рабочих позах, в стесненных условиях, в условиях высоты, с использованием средств индивидуальной защиты. Приобретаются навыки безопасной работы [5].

В заключение можно сказать, как показывает анализ результатов спасательных работ, результат спасательной операции за-

висит от двух факторов, тесно связанных между собой: уровнем профессиональной подготовки спасателей и временем выполнения базовых операций спасения [18].

Следовательно, профессиональная индивидуальная подготовка спасателей, отработка навыков взаимодействия в команде представляют организационную составляющую, помимо которой не менее важную роль играет применение аварийно-спасательного оборудования – легкого, мощного, малогабаритного [3].

При этом оно должно быть всегда готово к применению, не требовать внешних источников энергии, обладать способностью, поднимать и перемещать бетонные плиты и другие строительные конструкции, разрушать металлоконструкции, корпуса транспортных средств и выполнять множество других работ (различных по характеру и объему) в сжатые сроки. Особенно актуальной эта проблема становится при спасении людей, попавших в автомобильную, железнодорожную или авиационную катастрофу, когда пострадавший оказывается зажатым в транспортном средстве, как в тисках, и извлечь его оттуда подручными средствами невозможно, а подчас и опасно. В такой ситуации для деблокирования пострадавших и разборки завалов незаменимым остается гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ), созданный в последние десятилетия [3].

### Библиографический список

1. Гражданская защита: Энциклопедия в 4 томах. Том I (А–И) / Под общей редакцией С.К. Шойгу; МЧС России. М.: Московская типография № 2. 2006. 666 с.
2. ГОСТ Р 51542-2000 Инструмент аварийно - спасательный переносной.
3. Одинцов Л.Г. Гидравлический аварийно - спасательный инструмент // Противопожарные и спасательные средства. 2005. № 4. С. 16-18.
4. Пособие по применению аварийно - спасательного инструмента и оборудования, находящегося на вооружении подразделений МЧС ДНР: утв. МЧС ДНР 29.12.2017. Донецк. 2018. 220 с.
5. Справочник спасателя. Книга 11. Аварийно - спасательные работы при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий / МФЦ ВНИИ ГОЧС. 2006. 152 с.
6. Солодов Е.А., Звягинцева А.В. Анализ рисков дорожно-транспортных происшествий на

примере опасных участков дороги города Воронежа // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 8. С. 72-75.

7. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлева А.И. Оценка биолого-социальных последствий горения нефти и нефтепродуктов на поверхности водоемов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 55-60.

8. Звягинцева А.В., Яковлев Д.В., Федянин Ф.И. Оценка современных методик прогнозирования развития лесных пожаров и возможные пути их усовершенствования // Технологии гражданской безопасности. 2006. Т. 3. № 4 (12). С. 33-36.

9. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Автоматизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок // Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.

10. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.

11. Звягинцева А.В., Яковлев Д.В. Перспективы пространственного анализа в географических информационных системах для прогнозирования риска лесных пожаров на территории Воронежской области // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 78-88.

12. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлев Д.В. Современные проблемы оценки последствий лесных пожаров и методы их решений // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 98-102.

13. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.

14. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.

15. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.

16. Аржаных Ю.П., Долженкова В.В., Звягинцева А.В. Прогнозирование гидрологической обстановки в период половодья на водных объектах Воронежской области с применением географических информационных систем // Гелио-

геофизические исследования. 2014. № 9. С. 89-98.

17. Долженкова В.В., Звягинцева А.В., Усков В.М. Антропогенное воздействие на водохозяйственные объекты // Вестник Воронежского государственного технического университета.

2008. Т. 4. № 11. С. 24-27.

18. Емельяненко А.Р., Звягинцева А.В., Федянин В.И. Построение автоматизированной информационной системы оперативного предупреждения // Информация и безопасность. 2008. Т. 11. № 3. С. 361-368.

#### Информация об авторах

**Деренко Юрий Николаевич** – курсант, ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Донецкая Народная Республика, г. Донецк, улица Розы Люксембург, дом 34а), e-mail: Serg-onis@mail.ru

**Онищенко Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Донецкая Народная Республика, г. Донецк, улица Розы Люксембург, дом 34а), тел.: +7-062-332-1725

#### Information about the authors

**Yuri N. Derenko**, cadet, State Educational Institution «Academy of Civil Protection» of the Ministry of Emergency Situations of the DPR, (Donetsk People's Republic, Donetsk, Rosa Luxemburg Street, 34a), e-mail: Serg-onis@mail.ru

**Sergey A. Onishchenko**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, State Educational Institution «Academy of Civil Protection» of the Ministry of Emergency Situations of the DPR, (Donetsk People's Republic, Donetsk, Rosa Luxemburg Street, 34a), ph.: +7-062-332-1725

УДК 69.002.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН АВАРИЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

С.Д. Николенко<sup>1</sup>, С.А. Сазонова<sup>1</sup>, В.Ф. Асминин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Воронежский государственный технический университет*

<sup>2</sup>*Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова*

**Аннотация:** обеспечение безопасности работы грузоподъемных кранов является важной задачей, учитывая их большое количество, применяемое в строительстве. Анализ аварий грузоподъемных кранов и моделирование аварий с целью их прогнозирования и предотвращения является актуальной задачей, решаемой для обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации таких кранов. В работе рассмотрен анализ конкретной аварии гусеничного стрелового крана СКГ-40 на строительной площадке города Липецка. Рассмотрены причины аварии и приведен расчет, объясняющий эти причины

**Ключевые слова:** грузоподъемные краны, гусеничные краны, авария, устойчивость крана, безопасная эксплуатация грузоподъемных кранов, превышение грузоподъемности крана

## RESEARCH CAUSES FOR CRANE CRANES

S.D. Nikolenko<sup>1</sup>, S.A. Sazonova<sup>1</sup>, V.F. Asminin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Voronezh state technical University*

<sup>2</sup>*Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova*

**Abstract:** ensuring the safety of cranes is an important task, given the large number of them used in construction. Analysis of accidents for cranes and modeling accidents in order to predict and prevent them is an urgent task to be solved to ensure the further safe operation of such cranes. The paper considers the analysis of a specific accident of the SKG-40 crawler crane at the construction site of the city of Lipetsk. The causes of the accident are considered and a calculation is given that explains these reasons

**Keywords:** hoisting cranes, crawler cranes, accident, crane stability, safe operation of hoisting cranes, exceeding the crane's lifting capacity

В последнее время все большее количество грузоподъемных кранов составляет парк подъемных сооружений. Например, на 1 июля 2015 года в государственном реестре опасных производственных объектов Российской Федерации зарегистрировано: 816 628 подъемных сооружений, в том числе 242

231- грузоподъемный кран: 19 653 башенных крана; 78 835 автомобильных кранов; 7 342 пневмоколесных крана; 11 159 гусеничных кранов. Практически 80 % всех перечисленных подъемных сооружений составляют крановое хозяйство строительного комплекса, в том числе на официальном балансе строительных организаций числится 18 986 кранов башенных, более 72 000 автомобиль-

ных кранов, почти 10 000 гусеничных кранов и 6 800 пневмоколесных кранов.

Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 г. №116-ФЗ, стационарно установленные грузоподъемные механизмы относятся к категории опасных производственных объектов. Поэтому в ходе строительства, необходим контроль за безопасностью работы грузоподъемных кранов. Целью исследования явился анализ аварии грузоподъемного крана на объекте строительства.

Далее проанализируем аварию грузоподъемного крана произошедшую при строительстве храма в городе Липецк. Авария грузоподъемного гусеничного крана СКГ-40, изготовленного в 1972 году Раменским механическим заводом, заводской №117, учётный №14124 (присваивается органами Ростехнадзора), произошла на строительной площадке расположенной по адресу: г. Липецк, ул. Адмирала Макарова, 20А. Кран принадлежит ООО «Липецкстальмеханизация». Обстоятельства происшествия следующие: после выгрузки бетонной смеси в бадью, при попытке подъема бадьи БН-0,75 с бетонной смесью, заводской номер № 125389 - 100, изготовленной 10.02.2013 г., произошло падение гусеничного крана СКГ-40. В результате падения маневровый гусёк крана оперся на строящееся здание, и произошло разрушение гуська.

При обследовании использовалась соответствующая нормативно-техническая документация: РД РОСЭК-006-97. "Машины грузоподъемные Конструкции металлические. Толщинометрия ультразвуковая. Основные положения"; РД 10-112-1-04. "Рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Часть 1. Общие положения".

Для выявления возможной причины опрокидывания крана был проведен поверочный расчет. Положение центров тяжести элементов стрелового оборудования и их расстояние до опорного шарнира стрелы определены графоаналитическим методом.

Оценка устойчивости крана на возможность его опрокидывания при запрокидывании стрелы на капот поворотной платформы определялась при положении стрелы вдоль и поперек продольной оси крана. При этом

приняты следующие расчетные данные:  $G_b$  – масса башни крана, равная 5990 кг;  $G_c$  – масса маневрового гуська, равная 2995 кг;  $G_{gp}$  – масса поднимаемого груза, равная 2195 кг;  $l_c$  – длина стрелы на максимальном вылете, равная 8,292 м;  $l_{gp}$  – среднее значение длины стрелы с данным грузом, равное 19,950 м;  $l_b$  – минимальное значение длины стрелы с данным грузом, равное 1,135 м.

Общая масса элементов стрелового оборудования крана составила 8985 кг ( $T_0 = 8,985$  т). Сумма статических моментов элементов стрелового оборудования с грузом относительно ребра опрокидывания  $\Sigma M_c$  по горизонтальной оси  $X$  определялась по формуле [1]:

$$\begin{aligned} \Sigma M_c &= G_c \cdot l_c + G_{gp} \cdot l_{gp} - G_b \cdot l_b = \\ &= 2,995 \cdot 8,292 + 2,195 \cdot 19,950 - \\ &\quad - 5,99 \cdot 1,135 = 75,423 \text{ тм.} \end{aligned}$$

Расстояние центра тяжести стрелового оборудования от ребра опрокидывания составило:

$$X = \Sigma M_c / T_0 = 75,423 / 8,985 = 8,4 \text{ м.}$$

Сумма статических моментов элементов стрелового оборудования с грузом относительно ребра опрокидывания  $\Sigma M_c$  по горизонтальной оси  $X$  после изменения угла наклона башни стрелового оборудования крана определялась по формуле:

$$\begin{aligned} \Sigma M_c &= G_c \cdot l_{c1} + G_{gp} \cdot l_{gp1} + G_b \cdot l_{b1} \\ &= 2,995 \cdot 21,22 + 2,195 \cdot 30,451 + \\ &\quad + 5,99 \cdot 6,59 = 169 \text{ тм.} \end{aligned}$$

В этом случае расстояние центра тяжести стрелового оборудования от ребра опрокидывания составило:

$$X = \Sigma M_c / T_0 = 169 / 8,985 = 18,9 \text{ м.}$$

Сумма статических моментов элементов стрелового оборудования с грузом относительно ребра опрокидывания в момент аварии в 1,21 раза превышала момент опрокидывания, указанный в паспорте крана (140 тм).

При определении коэффициента устойчивости крана учитывалось размещение механизмов крана на поворотной платформе. В расчете устойчивости крана учитывались следующие силы тяжести согласно паспорт-

ным данным: масса ходовой части  $M_1 = 18,2$  т; масса поворотной платформы в сборе  $\Sigma M = 36,4$  т; масса дизель-генераторной установки  $M_2 = 2,688$  т; масса контргруза основного  $M_3 = 10,5$  т; масса контргруза дополнительного  $M_4 = 2,275$  т; масса лебедки главного подъема  $M_5 = 2,8$  т; масса лебедки вспомогательного подъема  $M_6 = 0,7$  т; масса лебедки стрелоподъемной  $M_7 = 1,54$  т; масса механизма поворота  $M_8 = 0,56$  т.

С учетом принятых масс механизмов на поворотной платформе масса металлоконструкции поворотной платформы с двуногой

стойкой, общим капотом и кабиной крановщика принята  $M_9 = 16,1$  т. Массы элементов крана на поворотной платформе, которые в паспорте крана не обозначены, приняты на основе средних значений масс известных элементов, сопоставимых по своим техническим характеристикам. При определении коэффициентов устойчивости также использованы графоаналитические методы.

Величина удерживающего момента относительно наибольшего размера  $PO_{\max}$  опорного контура по осям звездочек ходовой части определялась по формуле:

$$\begin{aligned} M_{уд} &= M_1 \cdot x_1 + M_5 \cdot x_5 + M_6 \cdot x_6 + M_7 \cdot x_7 + M_8 \cdot x_8 + M_9 \cdot x_9 = \\ &= 18,2 \cdot 1,925 + 2,8 \cdot 2,13 + 0,7 \cdot 0,954 + 1,54 \cdot 0,182 + \\ &\quad + 0,56 \cdot 3,253 + 16,1 \cdot 0,692 = 55,2 \text{ тм.} \end{aligned}$$

Опрокидывающий момент определялся по формуле:

$$\begin{aligned} M_{опр} &= M_2 \cdot x_2 + M_3 \cdot x_3 + M_{10} \cdot x_{10} = \\ &= 2,688 \cdot 0,635 + 10,5 \cdot 1,421 + 7,851 \cdot 0,635 = 21,6 \text{ тм.} \end{aligned}$$

Коэффициент запаса устойчивости от опрокидывания определялся по формуле:

$$K = M_{уд} / M_{опр} = 55,2 / 21,6 = 2,6.$$

Величина удерживающего момента от-

носительно наименьшего размера  $PO_{\min}$  опорного контура по линии качения опорных катков ходовой части определялась по формуле:

$$\begin{aligned} M_{уд2} &= M_1 \cdot x_{1M} + M_5 \cdot x_{5M} + M_6 \cdot x_{6M} + \\ &\quad + M_8 \cdot x_{8M} = 13 \cdot 1,3 + 2 \cdot 1,95 + 0,5 \cdot 0,19 + 0,4 \cdot 2,655 = 20,8 \text{ тм.} \end{aligned}$$

В этом случае опрокидывающий момент определялся по формуле:

$$\begin{aligned} M_{опр2} &= M_2 \cdot x_{2M} + M_3 \cdot x_{3M} + M_7 \cdot x_{7M} + M_9 \cdot x_{9M} + M_{10} \cdot x_{10M} = \\ &= 2,688 \cdot 2,019 + 10,5 \cdot 2,206 + 1,54 \cdot 0,505 + 16,1 \cdot 0,074 + \\ &\quad + 5,6 \cdot 1,42 = 32 \text{ тм.} \end{aligned}$$

Коэффициент запаса устойчивости от опрокидывания минимальный определялся по формуле:

$$K_{\min} = M_{уд2} / M_{опр2} = 20,8 / 32 = 0,9.$$

Результат расчета. При вращении поворотной платформы крана переход за точку неустойчивого равновесия вызывает опрокидывание крана. Собственная устойчивость крана обеспечивалась в положении поворотная платформа вдоль ходового устройства и гарантировано терялась в положении поворотная платформа поперек ходового устрой-

ства с недопустимым углом наклона башни крана. При этом дальнейшее опрокидывание ходового устройства и поворотной платформы крана было остановлено в результате столкновения стрелового оборудования крана со строящимся зданием. При этом напряжения сжатия в поясах стрелы крана значительно превысили предельно допустимые, что привело к потере продольной устойчивости ветвей стрелового оборудования и его излому. При выполнении работы рассматривались материалы исследований [2-20].

На основании проведенного анализа

можно сделать следующие выводы.

Вследствие неквалифицированных действий машиниста крана и неисправности ограничителя грузоподъемности, опрокидывающий момент крана превысил удерживающий, в результате чего произошло падение крана и разрушение металлоконструкций ветвей башни, и маневрового гуська.

Зачастую, на строительных площадках работает не аттестованный персонал (стропальщики, специалисты ответственные за безопасное производство работ). Решение о вводе в эксплуатацию грузозахватных приспособлений и тары принимается специалистом, ответственным за безопасное производство работ и записывается в специальный журнал, а если специалист не аттестован, он не знает своих обязанностей. Поэтому руководителям предприятий использующих грузоподъемные механизмы необходимо следить и за своевременным проведением аттестаций.

Основными причинами аварий при эксплуатации кранов, являются организационные, такие как: низкая производственная и технологическая дисциплина на объектах строительства; не выполнение руководителями и специалистами должностных обязанностей по организации безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

### Библиографический список

1. Справочник по кранам в 2-х томах. Под ред. М.М. Гохберга. - М.: Машиностроение, 1974. - Т1. - 536 с. Т-2. - 559 с.
2. Проскурин, Д.К. Сходимость вычислительного процесса при реализации вариационного метода решения краевой задачи гидродинамики / Д.К. Проскурин, Д.В. Сысоев, С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2021. - Т. 17. - № 3. - С. 14-19.
3. Меркулов, А.С. Моделирование процессов, влияющих на качество бетонных покрытий дорог / А.С. Меркулов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 38-44.
4. Николенко, С.Д. Моделирование процесса износа кирпичных зданий / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 44-50.
5. Рогов, Н.Ю. Моделирование процесса обследования железобетонных опор технологических эстакад / Н.Ю. Рогов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и про-

цессов. 2021. Т. 14. № 1. С. 68-73.

6. Николенко, С.Д. Моделирование работы конструкций из дисперсно-армированного бетона при знакопеременной динамической нагрузке большой интенсивности / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 3. - С. 36-44.

7. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.

8. Пантелеев, А.И. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.

9. Кузнецова, Л.А. Исследование влияния на прочность при изгибе элементов конструкций армированных металлическими фибрами / Л.А. Кузнецова, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, А.А. Осипов, Н.В. Заложных // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 4. - С. 51-57.

10. Старцев, В.Н. Анализ прочности монолитного перекрытия здания и контроль проектной документации / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 57-63.

11. Старцев, В.Н. Моделирование термонапряженного состояния фундамента и разработка мероприятий по улучшению эксплуатационных свойств бетона / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 64-71.

12. Николенко, С.Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 76-85.

13. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.

14. Жидко, Е.А. Парадигма информационной безопасности компании / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2016. - № 1 (108). - С. 25-35.

15. Жидко, Е.А. Принципы системного математического моделирования информационной безопасности / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Интернет-журнал Науковедение. - 2014. - №2 (21). - С. 34.

16. Николенко, С.Д. Сооружение, возведенное на несъемной пневматической опалубке / С.Д. Николенко, Д.А. Казаков // Патент на изобр-

решение RU 2371555 С1, 27.10.2009. Заявка № 2008122797/03 от 05.06.2008.

17. Квасов, И.С. Синтез систем сбора данных для распределительных гидравлических сетей / И.С. Квасов, В.Е. Столяров, С.А. Сазонова // В сборнике: Информационные технологии и системы. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. - 1999. - С. 113-115.

18. Рогачев, А.Ф. Лабораторный практикум по технологии программирования: учебное пособие / А.Ф. Рогачев, Ю.Ю. Громов, Ю.С. Сербулов, С.А. Сазонова, И.Н. Корнфельд, А.В. Лемешкин. - Воронеж, 2008.

19. Сазонова, С.А. Расчет смешанным ме-

тодом статически неопределимых рам с элементами повышенной жесткости и численная проверка результатов расчетов с помощью метода конечных элементов / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 54-66.

20. Сазонова, С.А. Моделирование опасных внутренних усилий при расчете смешанным методом статически неопределимых рам со стержнями заданной жесткости / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 44-54.

#### Информация об авторах

**Николенко Сергей Дмитриевич** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

**Сазонова Светлана Анатольевна** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Асминин Виктор Федорович** - доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова (394087, Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8), e-mail: asminin.viktor@yandex.ru

#### Information about the authors

**Sergey D. Nikolenko**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

**Svetlana A. Sazonova**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Viktor F. Asminin**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov (394087, Russia, Voronezh, Timiryazeva st., 8), e-mail: asminin.viktor@yandex.ru

УДК 691.699.86; 692.23; 691-413

## ДЕКОРАТИВНО-АКУСТИЧЕСКИЕ ПЛИТЫ «АКМИГРАН»

**В.Н. Жуковская, Е.А. Жидко**

*Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** статья посвящена декоративно-акустическим плитам «Акмигран», которые применяются при строительстве для отделки потолков и стен в помещениях

**Ключевые слова:** декоративно-акустические плиты, гранулированная вата, минераловатные плиты, акустический фибролит, древесноволокнистые плиты

## DECORATIVE ACOUSTIC PLATES "AKMIGRAN"

**V.N. Zhukovskaya, E.A. Zhidko**

*Voronezh state technical University*

**Abstract:** the article is devoted to decorative acoustic plates "Akmigran", which are used in construction for finishing ceilings and walls in rooms

**Keywords:** decorative acoustic slabs, granulated cotton wool, mineral wool slabs, acoustic fibrolite, fiberboard

**Введение.** На сегодняшний день имеется огромное количество отделочных материалов, предназначенных для облицовки потолков и стен в общественных и производственных зданиях. Декоративно - акустиче-

ские материалы используются не только для создания хорошей акустики, спокойной атмосферы и комфорта в помещении, но и для получения презентабельного и эстетичного интерьера. Они позволяют избавиться от раздражающего и неприятного звука. Одним из видов подобных материа-

лов, выполняющих характерные функции, является декоративно - акустическая плита (ДАП) «Акмигран».

Рассмотрим процесс производства данных плит. Акмигран - это плиты, изготовленные из гранулированной или стеклянной ваты. Для получения высокого уровня звукоизоляционных свойств к основным компонентам добавляют технический крахмал и минеральную вату [1-4].

**Технология изготовления.**

1. В самом начале процесса производства минеральная вата подвергается гранулированию, далее идёт переработка сырья, в результате которой образуются частицы с размерным диапазоном от 2 до 15мм.

2. Затем готовят связующий раствор с применением крахмала, белой глины и холодной воды.

3. Тщательно перемешивают все ком-

поненты до однородной консистенции и нагревают массу до температуры 85-90 градусов.

4. В полученную смесь добавляют стабилизатор –буру или борную кислоту и снова все перемешивают.

5. Затем добавляют гранулированную минеральную вату и приступают к формированию плит, используя метод прессования.

6. Изготовленные плиты отправляют на термообработку, сушат в течение 16-18 часов при температуре +140 градусов.

7. На финальном этапе готовый материал шлифуют ирезают на плиты следующих размеров: 30\*25 см, 30\*30 см, 60\*60 см, 80\*25 см. Толщина плит остаётся неизменной- 2 см.

Внешний вид должен соответствовать стандартам. Нормы дефектов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Нормы дефектов

Дефекты плит	Норма дефекта
Сколы лицевой стороны углов, рёбер	Не допускаются
Трещины	Допускаются трещины глубиной 4 мм, шириной 5 мм
Пятна	Не допускаются
Волнистость и углубления	Не допускаются

Плиты должны быть с ровной пористой лицевой поверхностью, равномерно окрашенной в белый цвет. Плита имеет правильную прямоугольную форму, размеры проверяются по шаблону. В табл. 2 показана вели-

чина допускаемых отклонений от стандартных размеров по ГОСТу 17918-72 [2].

Технические характеристики декоративно - акустических плит «Акмигран» приведены в табл. 3 [5].

Таблица 2

Допускаемые отклонения от размеров

Наименование размера	Величина отклонений, мм
Ширина	±0,4
Длина	±0,4
Толщина	±0,3
Отклонение лицевой поверхности от плоскости	0,6
Разность длин диагоналей	0,5

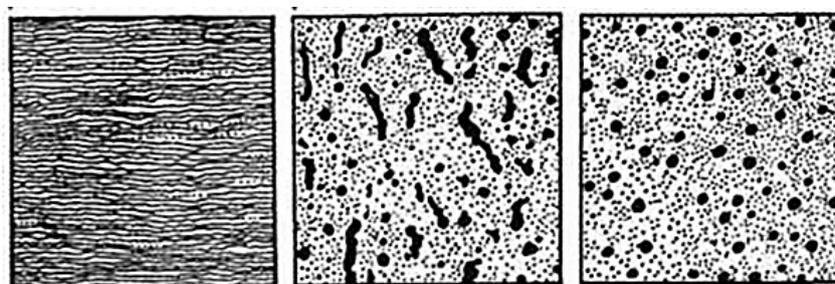
Таблица 3

## Технические характеристики декоративно-акустических плит «Акмигран»

Технические параметры	Значение параметра
Размеры плит, см	30*25, 30*30, 60*60, 80*25
Толщина, см	2 см
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	350-450
Коэффициент звукопоглощения	0,7-0,9
Теплопроводность, Вт/м*К	0,041
Средняя прочность при изгибе, МПа	0,5-0,7

Данная характеристика составлена для общего ознакомления с материалом, а также для изучения технических возможностей. Необходимо знать параметры и их значения, чтобы правильно эксплуатировать изделия.

Плиты выпускаются с пористой лицевой поверхностью, имеющую различную фактуру: бороздчатая, перфорированная, хаотическая. Виды фактур ДАП «Акмигрانا» представлены на рис. 1.



1) бороздчатая 2) перфорированная 3) хаотическая

Рис. 1. Виды фактур декоративно-акустических плит «Акмигрانا»

Рассмотрим преимущества плит типа «Акмигран» [6-9]:

– звукоизоляция. Главным плюсом декоративно-акустических плит является высокий уровень звукоизоляции. Отражать и поглощать звук – одна из главных задач панелей;

– высокое противопожарное качество. Плиты Акмигран отличаются повышенной огнестойкостью, материал не подвержен возгоранию;

– возможность устанавливать конструкцию самостоятельно, не прибегая к помощи специалистов;

– если в процессе установки размер плиты является большим, можно с лёгкостью отпилить лишнюю часть;

– универсальность. Благодаря структуре и универсальному белому цвету плит, материал можно использовать для облицов-

ки любых помещений. Его используют в офисах, кинотеатрах, квартирах, ресторанах и др.;

- долговечность;
- шумопоглощение;
- небольшой вес материала;
- лёгкость ухода.

Помимо большого количества преимуществ, у акустических плит, как и у любого строительного материала, имеются недостатки. Одним из которых является каркасная основа – крепление для плит. Она занимает много места и пространства, исходя из этого уменьшается высота потолков. Также стоит отметить низкую устойчивость к механическим повреждениям и царапинам.

В результате исследования выявлены некоторые преимущества и недостатки. Сравним ДАП «Акмигран» с другими видами отделочных материалов, таких, как: ми-

нераловатные плиты «Акминит», акустический фибролит, древесноволокнистые и акустические плиты. Данный анализ и сравнительные характеристики приведены в табл.4. [9-11]

Таким образом, проанализировав физико-механические данные акустических изделий, можно сделать вывод о том, что плиты Акмигран и Акминит по некоторым свойствам схожи, отличительной чертой является средняя прочность при изгибе, коэффициент звукопоглощения. Сравнивая ДАП Акмигран

с другими видами звукопоглощающего материала, можно заметить, что первые имеют наибольший коэффициент звукопоглощения, что является превосходством.

Область применения. Акустические плиты используются для облицовки стен и потолков жилых и общественных зданий: многоэтажные дома, квартиры, гостиничные комплексы, офисные и торговые центры, учебные заведения, кинотеатры, кафе и рестораны и др.

Таблица 4

Сравнительные характеристики

Технические характеристики	Вид звукопоглощающего материала				
	Акустические минераловатные плиты «Акмигран»	Акустические минераловатные плиты «Акминит»	Древесноволокнистые плиты	Акустический фибролит	Акустические плиты
Показатель	Значение показателя				
Размеры, см	30x25, 30x30, 60x60, 80x25	30x25, 30x30, 60x60, 80x25	50x50, 100x50	300x150	(50-0)x(40-50)
Толщина, мм	20	20	2,5-25	25-30	30-40
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	350-450	350-450	100-1100	300-400	250-800
Коэффициент звукопоглощения	0,7-0,9	0,6-0,8	0,4-0,8 при 1000 Гц	0,45-0,5 при 1000 Гц	0,5-0,85
Средняя прочность при изгибе, МПа	0,5-0,7	1,0-1,5	0,4-50	>0,6	-

Активно применяются в помещениях для работы со звуком, например, в студиях звукозаписи. Для наибольшей эффективности шумо- и звукоизоляции материал размещают по всей площади потолка. Возможно и частичное покрытие, для него рекомендуется плиты располагать ближе к стенам, где плотность звука максимальная.

Отделочные работы с использованием плит Акмигран проходят быстро и легко. Благодаря этому можно самостоятельно установить конструкцию без опыта, потратив на это два-три дня. Перед монтажом следует обратить внимание на температурные условия в помещении. Температура воздуха должна быть выше +10 градусов, относительная влажность до 70%. Если данные

условия не соответствуют эксплуатационным, плиты не подлежат применению.

Рассмотрим технологию установки плит типа Акмигран:

1) Прежде чем приступить к работе, требуется произвести чертёж и разработать схему будущего потолка. На этот этап следует обратить особое внимание, чтобы не допустить грубых ошибок в дальнейшей установке. Также важно не забывать про приборы освещения и электрическую проводку. Для них нужно заранее выделить место на поверхности, сделать пометки на чертежах.

2) После того, как схемы и чертежи полностью составлены, начинаются установочные работы каркасного основания. Оно состоит из двух частей: силовая часть, несущая

щая механическую нагрузку, и декоративная, служащая для фиксации внешних элементов.

3) Сначала монтируется силовая часть. Несущие подвесы необходимо прикрепить на перекрытия, следом установить декоративные профили, они служат для крепления плит Акмигран.

4) Завершающим этапом является установка декоративных элементов и приборов освещения: люстр, светильников и др.

На рис.2 представлены элементы подвесного потолка. На рис. 3 представлена схема установки плит.

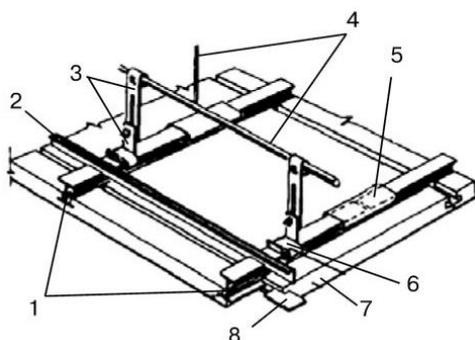


Рис. 2. Элементы подвесного потолка:

1-направляющие профили; 2- уголок (гребенка); 3- нижняя и верхняя части подвески; 4- несущий черновой каркас; 5-накладка; 6- скоба-наездник; 7- плита лицевого покрытия; 8- шпонка

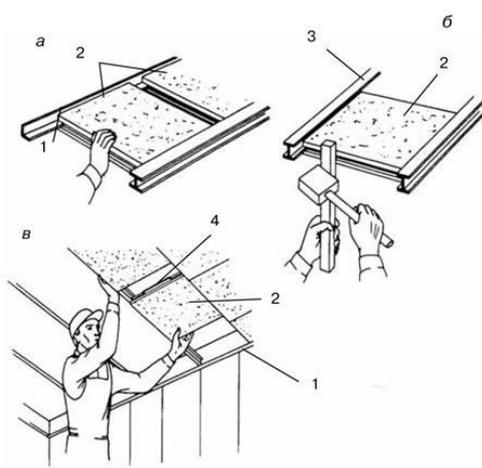


Рис. 3. Схема установки плит

а) пристенный ряд; б) промежуточный ряд; в) сплачивание плит шпонкой; 1- пристенный уголок; 2- плиты лицевого покрытия; 3- направляющий профиль; 4- шпонка

В заключение можно сделать вывод, что наиболее важной задачей строительства зданий и сооружений различного назначения является обеспечение акустического комфорта, создание уюта и атмосферы. Декоративные плиты Акмигран полностью соответствуют этим требованиям.

### Библиографический список

1. Герасимов А.И. Звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы и их применение в строительстве.

2. ГОСТ 17918-72 Плиты звукопоглощающие облицовочные минераловатные на крахмальном связующем.

3. Молодая, А.С. Моделирование высокотемпературного нагрева сталефибробетона / А.С. Молодая, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2018. - Т. 6. - № 2 (21). - С. 323-335.

4. Николенко, С.Д. Математическое моделирование дисперсного армирования бетона / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асмнин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 74 -79.

5. ГОСТ Р 57141-2016 Плиты керамические (керамогранитные). Технические условия.

6. Мосстройкомитет, ПСО Моспромстрой, ПКТИпромстрой. Операционно-технологическая карта на устройство подвесных потолков с лицевыми элементами из плит типа «Акмигран» и гипсовыми декоративными плитами ГР. Москва, 1990 г.

7. Беляев С. В. Акустика помещений/С. В. Беляев. - Ленинград; Москва: Государственное научно-техническое издательство строительной индустрии и судостроения, 1933. - 132 с.: ил.

8. Локтев, Е.М. Моделирование рейтинговых показателей педагогических кадров военных кафедр / Е.М. Локтев, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, В.Ф. Асмнин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 67 -73.

9. Nikolenko, S.D. Behaviour of concrete with a disperse reinforcement under dynamic loads / S.D. Nikolenko, E.A. Sushko, S.A. Sazonova, A.A. Odnolko, V.Ya. Manokhin // Magazine of Civil Engineering. - 2017. - № 7 (75). - С. 3-14.

10. Звягинцева, А.В. Расчет образования

ртугусодержащих отходов и разработка мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. -С. 30-36.

#### Информация об авторах

**Жуковская Валентина Николаевна** – студент 2 курса, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), тел.: 8-903-564-7876

**Жидко Елена Александровна** – доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: lenag66@mail.ru

11. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Парадигма информационной безопасности компании// Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 1 (108). С. 25-35.

#### Information about the authors

**Valentya N. Zhukovskaya**, 2nd year student, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-903-564-7876

**Elena A. Zhidko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 Let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: lenag66@mail.ru

УДК 349.6

## ЛИКВИДАЦИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

**В.Я. Манохин, В.В. Вакаренко, Е.А. Бибиков**

*Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** актуальной темой нашего времени является проблема ликвидации несанкционированных свалок. Данный вид полигонов ежедневно разрастается, увеличиваются как площади захламливания земли, так и токсичность загрязнения окружающей среды. Точные размеры таких свалок не известны, это ограничивает возможность производства экологических проб, что приводит к отсутствию путей решения ликвидации несанкционированных свалок

**Ключевые слова:** несанкционированные свалки, полигоны, бытовые отходы, твердые отходы, свалочный газ

## ELIMINATION OF UNAUTHORIZED LANDFILLS IN THE VORONEZH REGION

**V.Ya. Manokhin, V.V. Vakarenko, E.A. Bibikov**

*Voronezh State Technical University*

**Abstract:** the current topic of our time is the problem of eliminating unauthorized landfills. This type of landfill is growing daily, increasing both the area of clutter on the ground and the toxicity of environmental pollution. The exact size of such landfills is not known, which limits the possibility of producing environmental samples, which leads to the lack of solutions for the elimination of unauthorized landfills

**Keywords:** unauthorized landfills, landfills, household waste, solid waste, landfill gas

На территории Российской Федерации существует около 1 тысячи организованных полигонов и около 1,5 тысяч санкционированных свалок. Количество несанкционированных свалок на порядок больше. Их число резко снижает качество жизни населения [1, 2]. Наиболее сильно эта проблема касается крупных городов: неприятные запахи от продуктов гниения, насекомых, грызунов, дикие животные, загрязнение угодных земель, и это не полный список.

Основная цель решения данной про-

блемы, это повышение уровня безопасности жизни и здоровья людей, охраны окружающей среды, охрана объектов животного, растительного мира и других природных ресурсов, имущества юридических и физических лиц, государственного и муниципального имущества [3, 4].

Ежегодно в Воронежской области производится примерно около шести миллионов тонн мусора, из которых на долю твердых бытовых отходов (ТБО) представляют собой около 20 процентов [5, 6]. В районе находится 16 лицензированных полигонов утилиза-

ции ТБО, тем не менее, многие из этих объектов переполнены, и они требуют реконструкции. Так в области зарегистрировано 468 санкционированных свалках мусора. Кроме того, многие из этих объектов не имеют права – 126 несанкционированных места, где хранятся твердые бытовые отходы. В совокупности площадь земли, используемой разрешенными и стихийными свалками, составляет примерно 900 гектаров, рисунок.

В соответствии с документом «Основы государственной политики в области экологического

развития Российской Федерации на период до 2030 года», главная цель государства в области экологической безопасности являются: исполнение права каждого человека на благоприятную окружающую среду. Для обеспечения экологической безопасности проводится ряд мероприятий с акцентом на решении ключевых задач для обеспечения безопасности и защиты окружающей среды [7, 8]. Одной из этих задач является обеспечение экологически безопасного обращения с отходами.



Рис.1. Неорганизованная свалка

Действия, которые нужно совершить для достижения данной задачи [9]:

а) уменьшить объем образования отходов и использовать их как ресурс, в производстве отходов, разработать мероприятия по снижению уровня опасности отходов;

б) внедрить малоотходные и ресурсосберегающие технологии в переработке отходов;

в) разработать удобные и экологические безопасные транспортные пути до мусороперерабатывающих цехов;

г) отходы не прошедшие первичную стадию обработки, входят в список отходов запрещенных для захоронения, к ним так же относятся те, которые используются в повторном использовании: металла, бумаги, стеклянной и пластиковой тары, автомо-

бильных шин, аккумуляторы и другие;

д) разработать мероприятия по обеспечению экологической безопасности при хранении и захоронении отходов, также мероприятия по восстановлению земель на которых располагались полигоны, свалки и тому подобные площадки.

Выполнение экологической безопасности при обращении с отходами является главной задачей специализированных организаций [10]. При решении этой проблемы все сферы экономики и жизни населения Воронежской области должны быть учтены [11, 12]. Чтобы устранить эту проблему, необходимо разработать единый технологический подход, научно обоснованные программно-целевой метод решения и координации действий всех уровней власти: федеральные, ре-

гиональные, муниципальные. Обеспечение экологической безопасности в обращении с отходами пример соблюдения статья 42 Конституции Российской Федерации (каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду) [11-13].

В 2012 г. Президентом Российской Федерации утвержден важный документ, который определил основные направления деятельности в области охраны окружающей среды на долгосрочную перспективу — «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» (утверждены 30.04.2012 г. № 1102-пр). В выше названном документе установлены ключевые задачи государственного управления в экологической сфере, в которой входит так же необходимость обеспечения экологически безопасного управления отходами [13, 14].

Решение может быть заключено так же в предотвращении и сокращении образования отходов, с ними связано возобновление экономического оборота за счет полного использования сырья и материалов, уменьшение объема образования, снижения уровня

опасности отходов, повторное использование образующихся отходов по утилизации, регенерацию, восстановление, рециклинга [11, 15].

Среди большого множества актов основными являются:

– Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. № 89 (в редакции от 21.11.2011 г.);

– Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7;

– Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г. № 52;

– Федеральный закон от 06.10.2003 г. № 131 «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации». Данные законы регулируют порядок и определяют нормы государственного контроля и управления отходами производства и потребления.

Согласно приказу Минприроды РФ № 541 все отходы делятся на пять классов опасности по воздействию на окружающую природную среду, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Классы опасности отходов

Класс опасности	Опасность	Восстановление	Пример вещества
I	Чрезвычайно опасные	Отсутствует	Мышьяк, кадмий, ртуть, цинк, селен, фтор, свинец, бензопирен
II	Высоко опасные	Не менее чем через 30 лет	Бор, кобальт, молибден, никель, медь, сурьма, хром
III	Умерено опасные	Не менее чем через 10 лет	Барий, вольфрам, ванадий, марганец, стронций, ацетофенон
IV	Малоопасные	Не менее чем через 3 года	
V	Практически неопасные	Практически не воздействуют на природную среду	

Федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный приказом Росприроднадзора от 18.07.2014 № 445 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов» с внесенными в него изменениями и дополнениями, претерпевший в течение 2014-2016 гг. семь изменений и дополнений, заменён новым документом.

ФККО-2017 – существенно дополненная новыми видами отходов версия Федерального классификационного каталога отходов, действующая по состоянию на 23 июня 2017 г.

Согласно ФККО к твердо коммунальным отходам (далее – ТКО) относятся все виды отходов подтипа отходов «Отходы коммунальные твердые» (код 7 31 00000000).

Другие отходы типа отходов «Отходы коммунальные, подобные коммунальным на производстве, отходы при предоставлении услуг населению» (код 7 30 00000000).

В случае если в наименовании подтипа отходов или группы отходов указано, что отходы относятся к твердым коммунальным расходам.

По данным базы данных Росприроднадзора, основной вес ТКО являются полимерные материалы, стекло, ткани, бумага, картон, металл, резина, отходы, древесина, растительные остатки, песок, почва в разных темпах.

Смесь отходов более высокого класса опасности - ртутными лампами, аккумуляторов, масел и маслопродуктами, минералов (особенно вредных соединений, тяжелых металлов и агрессивных веществ-кислот, щелочей, а также солей, которые при гидролизе обеспечивают кислой или щелочной среде). Для некоторых ТКО распада годы, для других - десятки, сотни и даже тысячи лет. Разложение отходов происходит от микроорганизмов (потребителями). В результате расщепления больших органических молекул образуются более мелкие и неорганические соединения окисляются. Параллельно с распадом образуются новые вещества, однако для этого должны быть созданы определенные условия [16, 17].

Если твердые коммунальные отходы находятся в некотором открытом объеме на почве, то он становится, по сути, химическим и биологическим реактором. В нем будет происходить четыре процесса:

- накопление продукта разложения;
- образование и насыщение фильтрата;
- выделение свалочного газа;
- размножение патогенных микроорганизмов.

Продукт разложения - далее не разлагаемый твердый остаток ТКО, которые, в идеале, со временем, вы должны стать плодородной почвой для растений. Но часто эта масса сильно токсична и не подходит для выращивания живых организмов, нет.

Фильтрат имеет изменчивый состав жидкости, которая образуется в результате падения атмосферных осадков (дождя, снега) в поле твердых коммунальных отходов или за счет выделения влаги непосредственно мусором [17].

По мере продвижения фильтрата в пределах объема отходов (по вертикали - из-за влияния гравитационного притяжения, по горизонтали с помощью капиллярных явлений) будет, обогащается растворимыми вредными веществами и, наконец, падает либо на земле, либо в поверхностные или грунтовые воды.

Превышает максимально допустимую концентрацию вредных веществ в фильтрате, может достигать огромных значений. Например, содержание фенола может превысить в 900 раз.

Свалочный газ, который образуется при разложении отходов, представляет собой результат жизнедеятельности разнообразных микроорганизмов. Главной составляющей свалочного газа являются метан (40-75 %) и углекислый газ (25-45 %). Так же в состав свалочных газов входит большое разнообразие летучих токсичных химических соединений [16]. Например, при гниении белковых продуктов выделяется сероводород (имеет характерный запах тухлых яиц).

Очевидно, что выброс горючих газов может легко привести к самовозгоранию больших масс отходов. Например, если 4-5 кг тряпок пропитаны 250-300 г олифы при температуре 25 °С, то через 2 часа температура внутри свертка поднимется до 60 °С, через 3 часа - до 190 °С, а через 4 часа достигнет 300 °С, то при такой температуре свалочные газы легко самовоспламеняются.

Однако чаще всего отходы, к сожалению, сжигаются с помощью человека [18]. При сжигании отходов целый ряд загрязняющих веществ (диоксин, Benzаруген) устанавливается в атмосферный воздух свободным. Размножение патогенных микроорганизмов является гигиенической опасностью для ТКО. Патогенные культуры и паразиты впоследствии становятся инфекционными заболеваниями. Если ТКО промыть в водоемах, то их разложение будет происходить аналогичным образом, но с той разницей, что растворимые вредные вещества попадают не в фильтрат, а непосредственно в воду. В результате пруд отравляется [19, 20].

Благодаря обилию органических веществ, активное размножение водорослей (цветение), больше кислорода из воды расходуется на химические реакции с компонентами отхода, в результате чего его содержание начинает падать в воде. Плотность

большинства отходов меньше плотности воды, поэтому они накапливаются на поверхности, что позволяет свободная площадь зеркала водоема и кислорода в воду, будет проникать, гораздо медленнее. Нарушится газообмен водоема, начнется кислородное голодание рыбы, что вместе с попаданием токсичных веществ в воду приведет к ее гибели. Гибель рыб будет дополнительно способствовать размножению патогенных культур, и в конечном итоге пруд станет источником большой опасности для человека. Эту воду можно усваивать растениями и использовать для питья скота. Вредные вещества будут накапливаться и в конечном итоге попадать в человека, что будет иметь множество негативных последствий.

Таким образом, анализ литературных источников и правовых рамок показал, что безответственное отношение к хранению ТКО и других отходов, может привести к серьезной экологической проблеме. Нужно научиться грамотно, хранить и перерабатывать мусор. И желательно это делать вдали от населенных пунктов.

### Библиографический список

1. Арустамов, Э.А. Экологические основы природопользования: учебник / Э.А. Арустамов, И.В. Левакова, Н.В. Баркалова // М.: 2008. 308 с.
2. Банников, А.Г. Основы экологии и охрана окружающей среды: учебник / А.Г. Банников, А.А. Вакулин, А.К. Рустамов // М.: 1999. 304 с.
3. Бекаревич, Н.Е. Рекультивация земель / Н.Е. Бекаревич // Сб. науч. тр. Днепропетровск ДСХИ, 1987. - 187 с.
4. Брылов, С. А. Охрана окружающей среды: учебник / С.А. Брылов, Л.Г. Грабчак, В.И. Комашенко // М.: Высш. шк. 1985. 272 с.
5. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлев Д.В. Современные проблемы оценки последствий лесных пожаров и методы их решений // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 98-102.
6. Долженкова В.В., Звягинцева А.В., Усков В.М. Антропогенное воздействие на водохозяйственные объекты // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 11. С. 24-27.
7. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.
8. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.
9. Звягинцева А.В., Чекашев К.В., Федянин В.И. Анализ техногенного загрязнения природной среды Воронежской области // Технологии гражданской безопасности. 2006. Т. 3. № 2 (10). С. 96-98.
10. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Анализ статистики столкновений воздушных судов с птицами за 2002-2012 годы и современные средства обеспечения орнитологической безопасности полётов // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 65-77.
11. Яковлев Д.В., Звягинцева А.В. Построение межотраслевой комплексной геоинформационной системы Воронежской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1-3. С. 923-930.
12. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Локализация объектов в распределенной системе видеонаблюдения // Информация и безопасность. 2010. Т. 13. № 4. С. 583-586.
13. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Система видеонаблюдения и локализация природных объектов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 12. С. 107-109.
14. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Автоматизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок // Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.
15. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.
16. Звягинцева А.В., Яковлев Д.В. Перспективы пространственного анализа в географических информационных системах для прогнозирования риска лесных пожаров на территории Воронежской области // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 78-88.
17. Аржаных Ю.П., Долженкова В.В., Звягинцева А.В. Прогнозирование гидрологической обстановки в период половодья на водных объектах Воронежской области с применением географических информационных систем // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. -С. 89-98.
18. Солодов Е.А., Звягинцева А.В. Анализ рисков дорожно-транспортных происшествий на примере опасных участков дороги города Воронежа // Гелиогеофизические исследования. 2014.

№ 8. С. 72-75.

19. Викторова М.А. Несанкционированные свалки города: научная статья / М.А. Викторова. // М.: 2005. № 6. 12 с.

20. Вальков, В.Ф., Экология почв: учебное пособие для студентов вузов Часть 3. Загрязнение почв / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Ростов-на-Дону УПЛ РГУ/ 2004. 54с.

#### Информация об авторах

**Манохин Вячеслав Яковлевич** – доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: manohinprof@mail.ru

**Вакаренко Виктория Вячеславовна** – магистр, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: v\_vikkitory@rambler.ru

**Бибиков Евгений Александрович** – аспирант, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: sonofson@ro.ru

#### Information about the authors

**Vyacheslav Ya. Manokhin**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 Let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: manohinprof@mail.ru

**Victoria V. Vakarenko**, master's degree, Voronezh State Technical University (84, 20 Let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: v\_vikkitory@rambler.ru

**Bibikov Evgeny Aleksandrovich** – graduate student, Voronezh State Technical University (84, 20 Let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: sonofson@ro.ru

УДК 504.062.2, 504.064.4

## ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАК КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, СЛОЖЕННЫХ ТЕХНОГЕННЫМИ ГРУНТАМИ

**И.И. Подлипский**

*Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена*

**Аннотация:** эколого-геологические условия и состояние эколого-геологических условий являются материальным атрибутом объекта изучения и характеризующие их параметры можно измерять, оценивать, классифицировать и моделировать, что обеспечивает не только решение теоретических эколого-геологических проблем, но и практических задач. При исследовании современных геологических объектов, сложенных техногенными свалочными грунтами (полигоны бытовых (коммунальных) отходов), совокупность технологических параметров (масштаб полигона, способы накопления отходов и их состав, условия размещения) и геологических условий (положение в региональных структурах, состав пород основания) определяют потенциальную и реальную опасность их воздействия на компоненты окружающей среды. Анализ вышеперечисленных условий и факторов позволил разработать типологическую классификацию существующих полигонов

**Ключевые слова:** экологические функции литосферы, эколого-геологические условия, современные геологические объекты, свалочные грунты, ТКО

## ECOLOGICAL AND GEOLOGICAL CONDITIONS AS A COMPREHENSIVE CHARACTERISTIC OF MODERN GEOLOGICAL OBJECTS COMPLICATED WITH MAN-GENERIC SOILS

**I.I. Podlipskiy**

*Russian State Pedagogical University A.I. Herzen*

**Abstract:** ecological-geological conditions and the state of ecological-geological conditions are a material attribute of the object of study, and the parameters characterizing them can be measured, evaluated, classified and modeled, which provides not only the solution of theoretical ecological-geological problems, but also practical problems. When studying modern geological objects composed of man-made landfill soils (landfills for household (municipal) waste), the set of technological parameters (scale of the landfill, methods of waste accumulation and their composition, placement conditions) and geological conditions (position in regional structures, composition of base rocks) determine potential and real danger of their impact on environmental components. The analysis of the above conditions and factors made it possible to develop a typological classification of existing landfills

**Key words:** ecological functions of the lithosphere, ecological and geological conditions, modern geological objects, landfill grounds MSW

Понятие об экологических функциях литосферы является базовым в экологической геологии. Именно на его основе сфор-

мировались основные понятия этого научно-го направления: экологические свойства литосферы, эколого - геологическая система, эколого-геологические условия [1-3].

Многообразие геологических особен-

ностей, рассматриваемых при эколого-геологических исследованиях, позволяет выделить среди них комплекс определяющих:

- геологическое строение местности и характер слагающих ее пород;
- рельеф;
- гидрогеологические условия;
- мерзлотные условия;
- геохимические условия;
- геофизические условия;
- ландшафтные особенности;
- современные геологические процессы.

Закономерное сочетание этих компонентов формирует эколого-геологический облик любого природного или техногенного измененного массива, региона, определяет его эколого - геологические условия. Именно эти компоненты формируют различные экологические свойства и функции литосферы.

Изменения эколого - геологических условий могут происходить достаточно быстро. Этапные особенности рассматриваемого объекта – эколого - геологической системы следует назвать состоянием эколого-геологической обстановки (условий), нередко называемое геологами экологическим состоянием литосферы [1] - временное ее состояние, оцениваемое спецификой проявления одного, нескольких или совокупностью экологических свойств (функций) литосферы в данный момент времени, определяющих степень (уровень) благоприятности и возможности проживания живых организмов.

Состояние эколого - геологических условий (обстановки) может быть обусловлено, как указано ранее, проявлением одного, нескольких или совокупностью свойств и функций литосферы [1]. Если наиболее сильно действуют на биоту особенности, например, геофизической функции, то приходится говорить о состоянии эколого-геологических условий, обусловленных проявлением геофизической функции (свойств). Часто геологи используют для обозначения этого более короткое словосочетание: эколого - геофизическое состояние литосферы. В этом же смысле используются и такие понятия, как эколого - ресурсное состояние лито-

сферы, эколого - геодинамическое состояние литосферы, эколого-геохимическое состояние литосферы.

Таким образом, состояние эколого-геологических условий, определяемое для конкретной территории или литосферного блока, отражается на индивидуальной фактологической оценке и обеспечивается четкой временной привязкой или временным интервалом - современное состояние, состояние на конкретную дату.

Оба понятия - эколого-геологические условия и состояние эколого-геологических условий являются материальным атрибутом объекта изучения, и характеризующие их параметры можно измерять, оценивать, классифицировать и моделировать, что обеспечивает не только решение теоретических эколого - геологических проблем, но и практических задач [4, 5].

При оценке состояния эколого-геологических условий (ресурсного потенциала и качества геологического пространства [2]) используются показатели разных типов. Они могут быть тематическими, площадными (пространственными) динамическими. Первые – тематические – представляют содержательные показатели, характеризующие состояние эколого-геологической системы, биоты или их отдельных компонент. Пространственные критерии оценивают площадь или объём нарушений по перечисленным выше тематическим показателям [6-11]. Динамические критерии характеризуют скорость нарастания неблагоприятных изменений, выявленных по тематическим показателям [12-15].

С содержательной точки зрения все эти критерии достаточно многообразны: биотические, геологические, медико - санитарные, социально-экономические, причём все они включают по несколько показателей [6, 7]. Среди них могут быть как прямые, так и индикаторные показатели.

Первые регламентируются нормативно - директивными документами и выражаются по отношению к ПДК, ПДВ, ПДС, ПДН либо фону и Кларку. Они общеприняты и используются как при эколого - геологических, так и инженерно - экологических исследованиях

[4-9, 12-14].

Индикаторные (индикационные) показатели более специфичны. В ресурсной группе они включают в себя остаточные запасы с учётом достигнутого уровня потребления (количество лет); для ресурсов, необходимых для жизни биоты, и ресурсов геологического пространства критерии оценки пока вообще не разработаны.

В геодинамической группе они включают в себя помимо площадных, объёмных (энергетических) и динамических ещё и медико-санитарные (для оценки воздействия катастрофических процессов), ботанические и зоологические аспекты [10, 11].

В геохимической группе критериев – это оценка степени загрязнения литосферы через геохимические и биохимические показатели ( $Z_C$  – суммарный показатель химического загрязнения;  $A_k$  – отношение содержания элемента в золе растений к его содержанию в горной породе), коэффициент техногенной нагрузки, избыток, недостаток или дисбаланс элементов в породах, почвах и растительности.

Такой набор критериев позволяет органически связать экологически значимые особенности литосферы и учесть соответствующие функциональные зависимости между её компонентами и биотой. Сделать это только на основе использования одних геологических показателей нельзя.

О категориях состояния эколого-геологических условий и качества геологического пространства Трофимовым В.Т. предложено выделять следующие четыре класса состояний эколого - геологических условий [3]:

а) класс удовлетворительного (благоприятного) состояния, который коррелируется с зоной экологической нормы экосистемы, по Б.В. Виноградову. Значения прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых. Поражённость территории современными геологическими процессами менее 5 %;

б) класс условно удовлетворительного (относительно неблагоприятного) состояния, который коррелируется с зоной экологического риска экосистем. Значения прямых критериев оценки незначительно превышают

ПДК или фон. Поражённость геологическими процессами – от 5 % до 20 %. Территории требуют разумного хозяйственного использования, планирования и проведения мероприятий по их улучшению;

в) класс неудовлетворительного (весьма неблагоприятного) состояния, который коррелируется с зоной экологического кризиса экосистем. Значения прямых критериев оценки значительно превышают ПДК или фон. Поражённость геологическими процессами – от 20 до 50 %. Необходимо выборочное и оперативное проведение глубокого улучшения;

г) класс катастрофического состояния, который коррелируется с зоной экологического бедствия экосистем. Значения прямых критериев оценки в десятки раз превышают ПДК или фон. Поражённость геологическими процессами – более 50 %. Территории с такими условиями характеризуются практически необратимыми нарушениями экосистем, исключающими территорию из хозяйственного использования [12-14].

Сказанное справедливо, если состояние биоценоза обусловлено только состоянием эколого-геологических условий. Если же состояние флоры и фауны или всей экосистемы определяется интегральным состоянием всех абиотических сред, а иногда и социально - экономическими факторами, вопрос сложнее. Необходимо вычленить только литосферное влияние на биоту через биогеохимические критерии (например, содержание элементов в золе растений), характер заболеваемости населения [15].

С другой стороны, при исследовании современных геологических объектов, сложных техногенными свалочными грунтами (полигоны бытовых (коммунальных) отходов), совокупность технологических параметров (масштаб полигона, способы накопления отходов и их состав, условия размещения) и геологических условий (положение в региональных структурах, состав пород основания) определяют потенциальную и реальную опасность их воздействия на компоненты окружающей среды. Анализ вышеперечисленных условий и факторов позволил разработать типологическую классификацию существующих полигонов.

Таким образом, эколого-геологические

условия представляют собой комплексную (экологические функции литосферы), динамическую, перспективную, прогнозную (возможность экстраполяции), индивидуальную (видоспецифичную) и оценочную (по бальным и качественным шкалам) характеристику экогеосистем, позволяющую разработать мероприятия по рациональному природо- и недропользованию. В результате, использование подобного подхода позволяет унифицировать получаемые оценочные данные и разрабатываемые природоохранные мероприятия.

### Библиографический список

1. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология: учебник / М.: ЗАО «Теоинформмарк». 2002. 415 с.
2. Трофимов В.Т. Геологическое пространство как экологическая категория и его место в эколого-геологических и экологических построениях. // Пятнадцатая межвузовская молодежная научная конференция: «Школа экологической геологии и рационального недропользования». Материалы конференции. Санкт-Петербург. 2015. С. 7-34.
3. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ. 1997. 368 с.
4. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.
5. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.
6. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлев Д.В. Современные проблемы оценки последствий лесных пожаров и методы их решений // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 98-102.
7. Долженкова В.В., Звягинцева А.В., Усов В.М. Антропогенное воздействие на водо-

хозяйственные объекты // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 11. С. 24-27.

8. Звягинцева А.В., Яковлев Д.В. Перспективы пространственного анализа в географических информационных системах для прогнозирования риска лесных пожаров на территории Воронежской области // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 78-88.

9. Аржаных Ю.П., Долженкова В.В., Звягинцева А.В. Прогнозирование гидрологической обстановки в период половодья на водных объектах Воронежской области с применением географических информационных систем // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 89-98.

10. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Локализация объектов в распределенной системе видеонаблюдения // Информация и безопасность. 2010. Т. 13. № 4. С. 583-586.

11. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Система видеонаблюдения и локализация природных объектов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 12. С. 107-109.

12. Звягинцева А.В., Чекашев К.В., Федянин В.И. Анализ техногенного загрязнения природной среды Воронежской области // Технологии гражданской безопасности. 2006. Т. 3. № 2 (10). С. 96-98.

13. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлева А.И. Оценка биолого-социальных последствий горения нефти и нефтепродуктов на поверхности водоемов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 55-60.

14. Звягинцева А.В., Яковлев Д.В., Федянин Ф.И. Оценка современных методик прогнозирования развития лесных пожаров и возможные пути их совершенствования // Технологии гражданской безопасности. 2006. Т. 3. № 4 (12). С. 33-36.

15. Чабала Л.И., Звягинцева А.В., Чабала В.А. Экологическая безопасность человека // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 2. С. 100-102.

### Информация об авторе

**Подлипский Иван Иванович** - кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, (191186, г. Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, дом 48), e-mail: primass@inbox.ru

### Information about the author

**Ivan I. Podlipsky**, candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, A.I. Herzen Russian State Pedagogical University, (48 Moika River Embankment, Saint Petersburg, 191186), e-mail: primass@inbox.ru

УДК 614.8

## АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ И ДРУГИЕ НЕОТЛОЖНЫЕ РАБОТЫ НА СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

А.С. Сокол, С.А. Онищенко

*Академия гражданской защиты МЧС ДНР*

**Аннотация:** на сегодняшний день сложно вообразить для себя спасательные деятельность в отсутствии различного типа домкратов, специализированных «кусачек», бетоноломов, резаков. В разы за прошедшие 20 лет увеличился уровень самих спасателей, до такой степени далее сделалось и спецоборудование, которое они применяют с целью оказания поддержки потерпевшим. Вероятно, только лишь в музеях МЧС на данный момент возможно заметить ломы, кувалды и практически тяжелые разжимы, какими трудились энтузиасты спасательного процесса в истоке 90-х. На сегодняшний день отечественные спасатели, навык и познания которых признаны на международном уровне, применяют весьма удобную гидравлику

**Ключевые слова:** гидроэлеватор, эжекция, гидротранспортирование, откачка, водоснабжение

## EMERGENCY RESCUE AND OTHER URGENT WORK ON WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS IN EMERGENCY SITUATIONS

A.S. Sokol, S.A. Onishchenko

*Academy of civil protection of the Ministry DNR*

**Abstract:** to date, it is difficult to imagine rescue operations in the absence of various types of clamps, jacks, specialized "pliers", concrete breakers, cutters, etc. To some extent, over the past 20 years, the level of rescuers themselves has increased; to such an extent has the special equipment that they use to provide support to victims. Probably, only in the museums of the Ministry of emergency situations at the moment it is possible to notice these crowbars, sledgehammers and almost heavy razzhimy, which worked enthusiasts of the rescue process in the early 90's. To date, domestic rescuers, the skill and knowledge of which are recognized at the international level, use, if it is possible to say so, very convenient hydraulics

**Keywords:** hydroelevator, the ejection hydrotransportation, pumping, water supply

В системе мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций важно организовать и провести работу по спасению людей, оказавшихся в горячих точках в результате аварий, катастроф, стихийных бедствий и применения оружия поражения, а также по ликвидации последствий их последствий [1-7].

Важнейшая роль в аварийно - спасательных и других неотложных работах по ликвидации последствий отводится аварийно-спасательным работам в пострадавших районах. Их сложность и разнообразие определяются спецификой планирования и развития городов и населенных пунктов, особенностями коммунально-энергетических систем в них, а также средой, в которой эти работы должны выполняться. Поэтому знание организации и порядка проведения аварий-

ных работ на инженерных и электрических сетях и технологических линиях позволит в значительной степени обеспечить своевременное, быстрое и качественное спасение людей, а также предотвращение катастрофических последствий аварий, повреждений и стихийных бедствий [6, 7].

Аварийно - спасательные работы это действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне ЧС, локализации ЧС и по давлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов.

Аварийно - спасательные работы характеризуются наличием факторов, угрожающих жизни и здоровью людей, осуществляющих эти операции, и требуют специальной подготовки, оснащения и снаряжения [2].

Чрезвычайное реагирование - это дея-

тельность, обеспечивающая всестороннее сопровождение аварийно-спасательных работ, оказание медицинской и иной помощи населению, пострадавшему в результате чрезвычайной ситуации, а также создание условий, минимально необходимых для сохранения жизни и здоровья людей и поддержания их работоспособности.

Аварийно - спасательные работы проводятся с целью поиска и освобождения пострадавших, оказания им медицинской помощи и эвакуации в медицинские учреждения. Аварийно - спасательные работы в пострадавших районах включают в себя:

- разведка маршрутов движения и участков работ;
- локализация и тушение пожаров на маршрутах и рабочих площадках;
- подавление или доведение до минимально возможного уровня вредных и опасных факторов, возникших в результате.

Причем все эти мероприятия необходимо проводить в максимально сжатые сроки. Это вызвано необходимостью оказания своевременной медицинской помощи пораженным, а также тем, что объемы разрушений и потерь могут возрастать вследствие воздействия вторичных поражающих факторов (пожары, взрывы, затопления).

Другие неотложные работы проводятся в целях создания условий для проведения аварийно - спасательных работ, предотвращения дальнейших разрушений и потерь, вызванных вторичными повреждающими факторами чрезвычайной ситуации, а также обеспечения жизнедеятельности хозяйственных объектов у пострадавшего в чрезвычайной ситуации населения.

Другие срочные работы включают в себя:

- мощение дорог и устройство перемещений по завалам и загрязненным участкам;
- локализация аварий на газовых, энергетических, водопроводных, канализационных, тепловых и технологических сетях с целью создания безопасных условий для проведения аварийно - спасательных работ;
- укрепление или обрушение конструк-

ций зданий и сооружений, угрожающих обрушением или препятствующих безопасному проведению спасательных работ;

- ремонт и восстановление поврежденных и разрушенных линий связи, инженерных и энергетических сетей в целях обеспечения аварийно-спасательных работ;

- обнаружение, обезвреживание и уничтожение неразорвавшихся боеприпасов в обычном снаряжении и других взрывоопасных предметов [3].

*Условия и причины возникновения аварий и повреждений.* В городских, областных и промышленных объектах имеются различные сети и сооружения (системы) для коммунального и энергетического обслуживания населения, необходимые для жизнедеятельности населения и функционирования различных объектов.

К ним относятся такие системы, как водоснабжение, канализация, газоснабжение, электроснабжение, теплоснабжение и технологические трубопроводы [8-10]. Условия, которые наносят ущерб энергетических компаний и энергосистеме, могут быть разными [10, 11]. Сюда можно отнести проектирование или строительство зданий и монтаж технических систем, ненадлежащее использование оборудования или производственных процессов, некачественное оснащение контрольно-измерительными приборами и средствами защиты, надзор за зданиями.

Система водоснабжения - это комплекс искусственных сооружений, каналов, трубопроводов и устройств, которые берут воду из внутренних или подземных источников, перерабатывают ее и доставляют потребителям. Источниками водоснабжения городов, поселков и предприятий являются поверхностные воды (реки, каналы, озера и искусственные водоемы) и подземные воды (артезианские, фунтовые, под канальные и родниковые воды).

В зависимости от конкретных потребностей в воде того или иного качества и характера водных источников системы водоснабжения могут быть комплексными или отдельными [9, 10].

В городах и крупных поселках система водоснабжения, как правило, комплексная. Она обеспечивает хозяйственно - питьевые нужды, противопожарные и производственные потребности предприятий с умеренным водоснабжением.

Раздельные системы водоснабжения (хозяйственно питьевая, противопожарная и производственная) часто сооружают на крупных предприятиях, где на производственные цели требуется большое количество воды и экономически целесообразнее построить систему водоснабжения (или часть ее) с упрощенной очисткой воды, чем строить дорогостоящие очистные сооружения и нести постоянные эксплуатационные затраты на ее обработку [12, 13].

В ряде случаев, когда напор водопроводной сети на предприятиях не обеспечивает пожарных нужд, строится отдельная противопожарная система водоснабжения.

Централизованная система водоснабжения городов от открытого источника воды включает в себя следующие основные элементы:

- водозаборные сооружения и устройства, забирающие воду из водных источников;

- насосные станции первого подъема, доставляющие воду из водозаборных сооружений на очистные сооружения и водоемы чистой воды;

- водоочистные сооружения, очищающие и обеззараживающие (хлорирующие) воду;

- резервуары чистой воды для хранения запасов очищенной воды и выравнивания графика ее суточного потребления;

- насосные станции второго подъема (иногда и третьего), обеспечивающие подъем воды на более высокие отметки и подачу ее по водоводам в городскую водопроводную сеть;

- водонапорные башни, пневматические установки с водяными баками, обеспечивающие напор воды и регулирующие ее подачу в водопроводную сеть;

- водоводы, по которым вода попадает от насосных станций в городскую водопроводную сеть (чаще всего это трубы большого диаметра);

- городская (наружная) водопроводная сеть, доставляющая воду потребителям и состоящая из магистральных и распределительных трубопроводов. Магистральные трубопроводы служат для подачи воды транзитом в отдельные районы города и на крупные предприятия. Вода подается потребителям и пожарным гидрантам по распределительным трубопроводам.

Клапаны или автоматические клапаны устанавливаются на водопроводных трубах и водопроводных сетях для перекрытия ремонтируемых участков; выпускные отверстия для отвода воды из ремонтируемого участка; клапаны и плунжеры для пуска воздуха; компенсаторы для смягчения гидравлических ударов.

Внутренний водопровод – это комплекс инженерных устройств в зданиях и сооружениях, обеспечивающих подачу воды от наружной водопроводной сети к водозаборным точкам (кранам, сливам). В зависимости от конкретных условий системы водоснабжения могут несколько видоизменяться. Вода из резервуаров чистой воды в город может поступать самотеком. Проще, система водоснабжения, основанная на использовании подземных вод (здесь в некоторых случаях отпадает необходимость в очистных сооружениях).

Водопроводная сеть обычно строится замкнутой, когда вода из нескольких источников водоснабжения попадает в водопроводную сеть. В этом случае обеспечивается возможность маневра водой путем обхода поврежденных или разрушенных участков, если сохранились насосные станции и резервуары чистой воды.

Для города характерно наличие не менее 23 источников водоснабжения, а также резервных источников водоснабжения, то есть крупных резервных источников рек, озер, водохранилищ, прудов и других естественных и искусственных водоемов, из ко-

торых вода может быть взята в необходимом объеме для тушения очагов возгорания [4, 14].

Для промышленных предприятий необходимо иметь не менее 23 вводов с городских петлевых магистралей, а для запасов воды различные резервуары, водозаборные колодцы или другие устройства.

Система водоснабжения промышленного предприятия, расположенного в городе, обычно получает воду из городской системы водоснабжения для бытовых и противопожарных нужд. А для производственных (на крупных предприятиях с высоким водопотреблением) дополнительно из собственных источников (колодцев, рек, озер) с использованием собственных насосных станций и резервуаров.

Система водоснабжения отдельно стоящего предприятия и сельских населенных пунктов, в принципе, отличается только мощностью и размерами сетей и сооружений.

Следует учитывать, что в систему водоснабжения, кроме перечисленных элементов, входят энергетические устройства (подстанции, трансформаторные, контрольно-измерительные приборы) и линии электропередачи.

*Виды и способы аварийных работ на системе водоснабжения.* В результате стихийных бедствий, крупных промышленных аварий, применения оружия поражения, система водоснабжения может получить различные повреждения или полностью выйти из строя [10, 11, 14]. В результате разрушения и повреждения грунтовых зданий и сооружений начнется массовый отток воды через поврежденные внутридомовые водопроводные сети и разрушенные участки городских водопроводов, а давление в сети упадет. Могут пострадать станции водоснабжения. Отметим, что в результате стихийных бедствий (землетрясения, оползни, селевые потоки). Наиболее легко повреждаются и разрушаются наземные станции и объекты системы водоснабжения (насосные станции, напор-

ные башни, павильоны, артезианские скважины). Чувствительны в этих условиях энергетические системы, особенно наружные подстанции, контрольно - измерительные приборы [6, 7].

*Работы на водозаборных сооружениях.* Наиболее устойчивым к повреждениям является водозаборное сооружение инфильтрационного типа. В таких сооружениях вода на насосную станцию поступает непосредственно из реки или водохранилища, а фильтруется через слой грунта [15]. Такое сооружение может быть повреждено только в случае разрушения грунта и размещенной в нем бетонной водозаборной галереи (в результате стихийных бедствий, таких как землетрясение, оползни или аварии, вызванные во время эксплуатации) [16].

В канальных водозаборных сооружениях слабыми местами являются гравитационные линии, наземные устройства и пролетные строения.

В случае разрушения водозаборных сооружений руслового типа работы будут заключаться в прокладке временных трубопроводов из металлических или железобетонных труб, а при невозможности выполнения этих работ в установленные сроки в устройстве открытого подводящего канала к береговой скважине землеройными средствами [1, 16].

*Работа на насосных станциях.* Перечень аварийных работ на насосных станциях будет зависеть от степени их разрушения [9]. Однако, скорее всего, они будут направлены на расчистку внутренних помещений от щебня, ремонт и восстановление хотя бы части насосных агрегатов, а также обеспечение их энергоснабжением. Если насосные станции 1-го подъема полностью разрушены, то необходимо использовать резервные или оборудовать временные станции. При разрушении насосных станций 2-го подъема они оборудуются водопроводами для подачи воды в водопроводную сеть непосредственно со станции 1-го подъема, либо строятся дополнительные станции для обеспечения высокого давления.

Питание для насосов временных станций осуществляется от близлежащих электрических сетей, передвижных электростанций или двигателей внутреннего сгорания с генераторами.

*Работы на очистных сооружениях.* Работы на очистных сооружениях заключаются в прокладке объездных магистралей или устранении повреждений отдельных участков водопровода, если основные и очистные сооружения водопровода сохранены. В случае разрушения очистных сооружений и резервуаров они отключаются, а обводные линии прокладываются непосредственно для подачи воды с насосной станции.

*Основные способы временного восстановления поврежденных участков водопроводных сети.* Устройство временной байпасной линии осуществляется путем размещения Стендеров на гидрантах, ближайших к поврежденному участку, и соединения их парами труб или патрубков. Для длительного использования в зимнее время байпасная линия труб изолируется.

В экстренных случаях выполняют соединение разорванных трубопроводов с помощью гибких вставок из брезента, резины, пластика, неподвижных металлических хомутов или проволоки, а также неподвижных муфт (кусок металлической трубы большого диаметра) с уплотнением стыков деревянными клиньями, просмоленными пеньковыми нитями (в крайнем случае – паклей), заполнением серой или серопесчаным сплавом и другими материалами.

В случае переломов или других повреждений водопроводных труб из чугуновых или асбестовых труб снять поврежденную часть до ближайшего стыка, уложить новые конструкции. А на место соединения поставить подвижную муфту или уложить несколько труб на временные опоры. Затем опоры постепенно снимают, пока трубы не примут горизонтальное положение. После этого растр будет запечатан в обычном порядке. Повреждение рас стыков труб устраняется путем конопатки свинцом или за-

полнения стыков быстротвердеющим раствором, сплавом, просмоленной Пеньковой прядью, паклей.

Если внутренние участки линий водоснабжения жилых и промышленных зданий замерзают, то они оттаивают. Трубы малого диаметра размораживают паяльной лампой, большие – горячей водой или паром низкого давления, а стальные трубы трансформатором с электрическим нагревом.

Организация нецентрализованного водоснабжения при проведении аварийных работ на водопроводной сети, перед спуском в смотровую скважину, проверьте, не загрязнен ли воздух в ней [17]. Загазованность может устраняться естественной вентиляцией, с помощью вентилятора или воздушодувки, а также заливкой водой с последующей откачкой. Категорически запрещается удалять газ путем сжигания. Если загазованность не может быть полностью устранена, то работы в скважине разрешаются в изолирующем противогазе. В то же время рабочие должны иметь спасательные пояса со страховочной веревкой.

Бригада (расчет) при работе в колодцах должна состоять не менее чем из трех человек. Только один человек может спуститься в колодец.

Нецентрализованное водоснабжение широко распространено в сельской местности (небольшие сельские населенные пункты), в пригородах, а также в районах, где отсутствует централизованное водоснабжение. В этих условиях вода для хозяйственно-питьевых целей берется из шахтных и береговых колодцев, родников (иногда артезианских скважин), из реки или озера. Такое нецентрализованное водоснабжение организуется, как правило, при создании систем водоснабжения в сельской местности в условиях ежедневного водоснабжения хозяйственно-питьевых нужд.

Шахтные скважины обеспечивают забор воды из водоносных горизонтов с небольшой глубины (на глубине от 3-5 м до 1030 м, иногда более) и представляют собой вертикальные стволы круглого или квадрат-

ного сечения. Стены крепятся деревянными срубам, щебнем или кирпичной кладкой, железобетонными кольцами.

Для подъема воды устраивают простейшие устройства в виде ворот, рычажных насосов (журавль и прочие приспособления).

Береговые скважины довольствуются использованием поверхностных или находящихся под руслом вод рек и озер. Такие скважины состоят из водосборного ствола, который принимает воду из реки (озера) через фильтрационную траншею или трубы с песчаным фильтром, проложенные в грунте. Размещайте колодцы, по возможности, не ближе 50 м от водораздела поверхностного источника.

При использовании воды из восходящих или нисходящих источников вытяжные устройства оборудуются бревнами, балками и железобетонными кольцами. Капотажи состоят из приемной части – гравийной засыпки водоносного горизонта, обеспечивающей очистку от взвешенных частиц, камеры капотажа, в которой скапливается вода, а также водопровода или дренажной коробки, по которым вода подается на распределительный участок или в резервуары.

Крытые водоемы или артезианские скважины (например, на пастбищах) можно использовать для хозяйственных нужд.

Наряду с организацией нецентрализованного водоснабжения в условиях повседневной деятельности организуется и водоснабжение в пострадавшем районе. При перемещении воды не удастся обеспечить водой население и группы в очаге поражения или вблизи него, проводить аварийно-спасательные работы, в местах сбора пострадавших, местах расположения медицинских пунктов (отделений), санитарной обработки людей, дезинфекции, приготовления пищи и других нужд создавать пункты водоснабжения [18].

Они дислоцируются вблизи источников воды, которые сохранились и оказались пригодными для использования: резервуары чистой воды на водопроводных станциях,

артезианские скважины, шахтные колодцы, открытые водоемы. Отбор, очистка, хранение и распределение воды осуществляются в пунктах водоснабжения [5, 16].

*Выводы и перспективы дальнейших исследований.* Разрушения и повреждения городской (промышленной) и других систем канализации могут возникнуть как в результате разрушений наземных зданий и сооружений вследствие стихийных бедствий, различных аварий и катастроф. Так и в результате непосредственного применения средств поражения.

Разрушения и повреждения подземных канализационных коммуникаций будут носить такой же характер, как и разрушения водопроводных сетей.

В случае разрушения сетей и элементов системы канализации может произойти затопление сточными водами отдельных территорий города (населенного пункта), участков улиц, подвальных помещений, что существенно затрудняет работу по спасению людей в очаге поражения. Кроме того, при длительном затоплении сточными водами части территории, особенно в жаркое время, могут создаваться условия для возникновения очагов болезней и эпидемий.

### Библиографический список

1. Зозуля И.А., Полуянов В.П. Основы промышленной безопасности. Том 1. Технологическая безопасность и промышленное производство: монография / Харьковский институт социального прогресса. Харьков. 1999. 200 с.
2. Методические рекомендации по применению и действиям нештатных аварийно-спасательных формирований при ведении в готовность гражданской обороны и ликвидации чрезвычайных ситуаций / В.А. Пучков, Ф.Ф. Головченко, В.Г. Загладин и др. / Под общ. ред. В.А. Пучкова. Москва: 2005. 230 с.
3. Методические рекомендации по созданию, подготовке, оснащению нештатных аварийно-спасательных формирований. В.А. Пучков, С.С. Дегтярев, В.В. Семенов и др. / Под общ. ред. В.А. Пучкова. Москва: 2005. 120 с.
4. Оперативное управление мероприятиями РСЧС / Сборник лекций для руководящего

состава МЧС России / Книга 2. Издание 2, дополненное и переработанное / Под общ. ред. В.Ф. Мищенко. Москва: ООО «ИПП «КУНА». 2004. 441 с.

5. Полуянов В.П. Аварийно - спасательные и другие неотложные работы на системах газоснабжения и электроснабжения в чрезвычайных условиях // Вестник БГТУ имени В.Г.Шухова. Белгород. 2008. Вып. №2. С. 5.

6. Звягинцева А.В., Чекашев К.В., Федянин В.И. Анализ техногенного загрязнения природной среды Воронежской области // Технологии гражданской безопасности. 2006. Т. 3. № 2 (10). С. 96-98.

7. Аржаных Ю.П., Долженкова В.В., Звягинцева А.В. Прогнозирование гидрологической обстановки в период половодья на водных объектах Воронежской области с применением географических информационных систем // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 89-98.

8. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.

9. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.

10. Долженкова В.В., Звягинцева А.В., Усков В.М. Антропогенное воздействие на водохозяйственные объекты // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 11. С. 24-27.

11. Звягинцева А.В., Тенькаева А.С., Мозговой Н.В. Воздействие состава природной воды на коррозионную стойкость стали Х40 магистральных трубопроводов // Известия Самарско-

го научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 5. С. 276-282.

12. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Перспективы гальванохимических методов очистки техногенных вод // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 6. С. 28-30.

13. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Комплексная очистка нефтесодержащих сточных вод // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 6. С. 61-62.

14. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлева А.И. Оценка биолого-социальных последствий горения нефти и нефтепродуктов на поверхности водоемов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 55-60.

15. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н. Нейтрализация сточных вод гальванического цеха - одно из направлений обеспечения экологической безопасности // Машиностроитель. 2003. № 2. С. 48-52.

16. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Альтернативные технологии водоподготовки в условиях рыночной экономики и требований экологической безопасности // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 176-179.

17. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.

18. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.

#### Информация об авторах

**Сокол Александр Сергеевич** – студент, ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Донецкая Народная Республика, г. Донецк, улица Розы Люксембург, дом 34а), e-mail: Serg-onis@mail.ru

**Онищенко Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР (Донецкая Народная Республика, г. Донецк, улица Розы Люксембург, дом 34а), тел.: +7-062-332-1725

#### Information about the authors

**Alexander S. Sokol**, student, State Educational Institution «Academy of Civil Protection» of the Ministry of Emergency Situations of the DPR, (Donetsk People's Republic, Donetsk, Rosa Luxemburg Street, 34a), e-mail: Serg-onis@mail.ru

**Sergey A. Onishchenko**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, State Educational Institution «Academy of Civil Protection» of the Ministry of Emergency Situations of the DPR, (Donetsk People's Republic, Donetsk, Rosa Luxemburg Street, 34a), ph.: +7-062-332-1725

УДК 004.4:504.03

**ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ  
АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ****С.А. Сазонова<sup>1</sup>, С.Д. Николенко<sup>1</sup>, Е.Н. Епифанов<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Воронежский государственный технический университет*<sup>2</sup>*Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова*

**Аннотация:** серьезную опасность при авариях на химически опасных объектах вызывает выброс различных токсичных веществ. Масштабы возможных последствий аварии в значительной степени зависят от типа химически опасных объектов, видов аварийно химически опасных веществ, их свойств, количества и условий хранения, характера аварии, метеоусловий и др. Главным поражающим фактором при такой аварии является химическое заражение, глубина зоны которого может достигать десятков километров. Отличительной особенностью, возникающей при аварии, является то, что при высоких концентрациях отравляющих веществ возможно поражение людей в короткие сроки. Работа посвящена программной реализации расчетов последствий аварий на химически опасных объектах

**Ключевые слова:** программирование, C#, Access, аварийно химически опасные вещества, экология, концентрация веществ, поражающие факторы

**SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE CALCULATION OF EMISSIONS  
OF EMERGENCY CHEMICALLY HAZARDOUS SUBSTANCES****S.A. Sazonova<sup>1</sup>, S.D. Nikolenko<sup>1</sup>, E.N. Epifanov<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Voronezh state technical University*<sup>2</sup>*Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova*

**Abstract:** a serious danger in accidents at chemically hazardous facilities is caused by the release of various toxic substances. The scale of the possible consequences of an accident largely depends on the type of chemically hazardous objects, types of chemically hazardous substances, their properties, quantity and storage conditions, the nature of the accident, meteorological conditions, etc. The main damaging factor in such an accident is chemical contamination, the depth of which can reach tens of kilometers. A distinctive feature that occurs during an accident is that at high concentrations of toxic substances, people can be injured in a short time. The work is devoted to the software implementation of calculations of the consequences of accidents at chemically hazardous facilities

**Keywords:** programming, C #, Access, emergency chemically hazardous substances, ecology, concentration of substances, damaging factors

В современном мире очень широко используются химические вещества. Большая часть из этих веществ, при неконтролируемом выбросе в атмосферу может нанести вред живым организмам и окружающей природной среде.

Аварийно химически опасные вещества (АХОВ) – это ОХВ применяемые в промышленности и сельском хозяйстве при аварийном выбросе, которых может произойти поражение людей и заражение окружающей среды в определенных токсических дозах.

Для того чтобы спрогнозировать последствия аварий с АХОВ существует несколько методик. Одна из них РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов

заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте» [1]. На основе существующей методики была написана программа на языке C# с использованием базы данных Microsoft Access.

Выполнение расчетов по программе начинается после запуска файла ahov.exe. В появившемся окне необходимо нажать кнопку «Расчет параметров при проливе одного АХОВ». Для расчета эквивалентного количества вещества в первичном и вторичном облаке необходимо нажать кнопку «определение эквивалентного количества вещества», как показано на рис. 1.

Далее необходимо выбрать один АХОВ из предлагаемого списка, как показано на рис. 2, например: аммиак под давлением.

Список АХОВ включает наиболее широко применяемые в промышленности химические вещества. При этом в необходимых случаях указываются условия хранения АХОВ.

Затем необходимо ввести исходные данные для расчета. Исходные данные для расчета последовательно вводятся в числовом виде в соответствующие поля, как показано на рис. 3. Основными исходными данными являются: количество АХОВ, погодные условия, время после начала аварии.

После введения исходных данных требуется нажать кнопку «Расчет», чтобы рассчитать объем эквивалентного вещества для первичного и вторичного облака заражения. Также в поле «Степень вертикальной устойчивости» будет показана расчетная степень вертикальной устойчивости (рис. 4).

Далее рассчитываем глубину зон заражения первичного и вторичного облака и определяем их фактическую и возможную площадь, нажимая соответствующие кнопки (рис. 5).

Чтобы посчитать время подхода зараженного воздуха к объекту необходимо ввести расстояния до него(1), после чего нажать соответствующую кнопку(2), как показано на рис. 6.

Расчет продолжительности поражающего действия АХОВ выполняется в автоматическом режиме после нажатия соответствующей кнопки (рис. 7). Расчет заканчиваем подсчетом возможных потерь людей, необходимо указать проценты обеспеченности противогазами (1) и укрытиями (2) после чего нажать кнопку (3) (рис. 8).

Рис. 1. Вид исходного окна программы расчета параметров для аварии с одним АХОВ

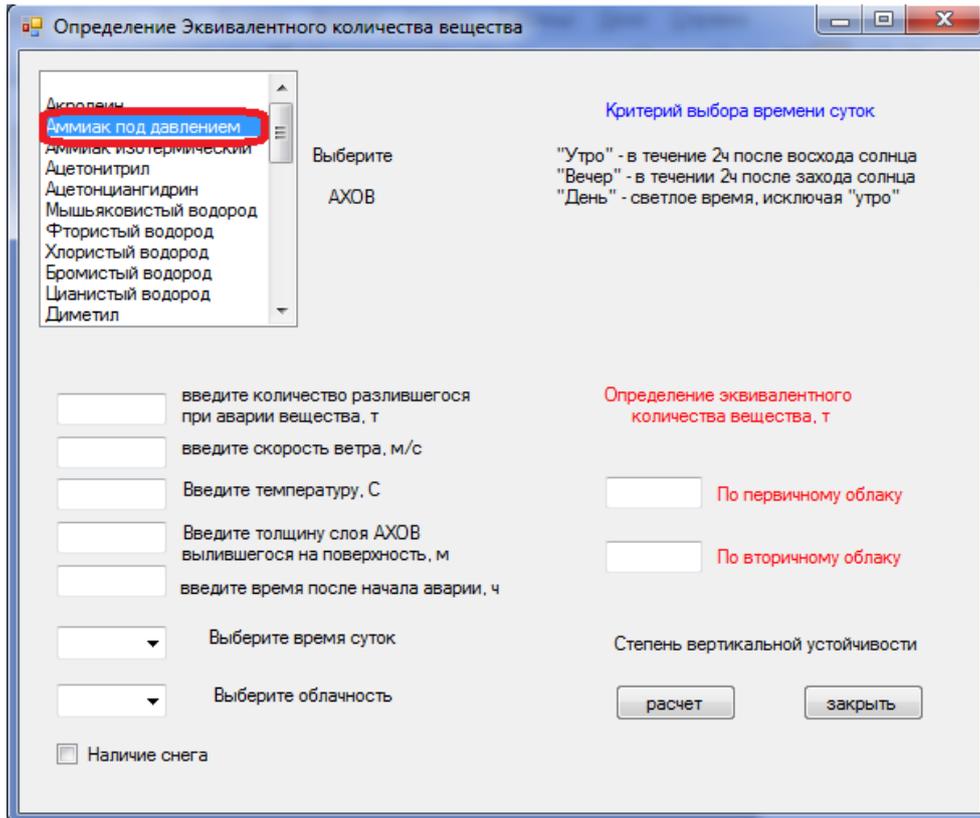


Рис. 2. Вид окна программы при выборе АХОВ

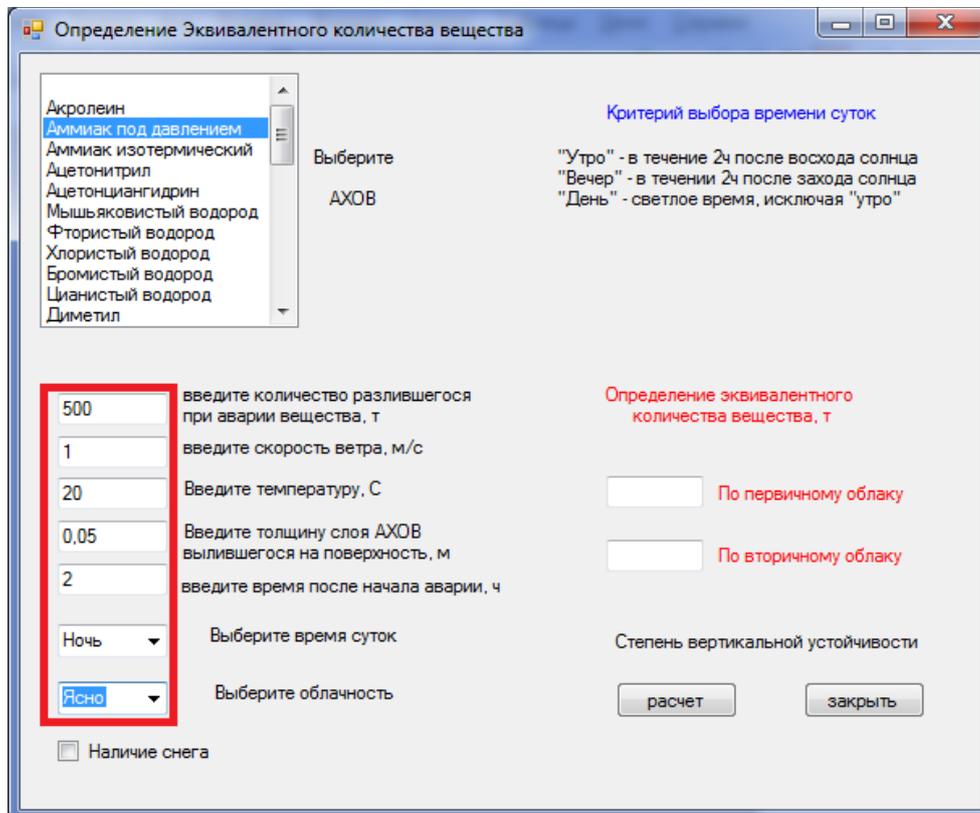


Рис. 3. Вид окна программы с примером введения исходных данных для расчета

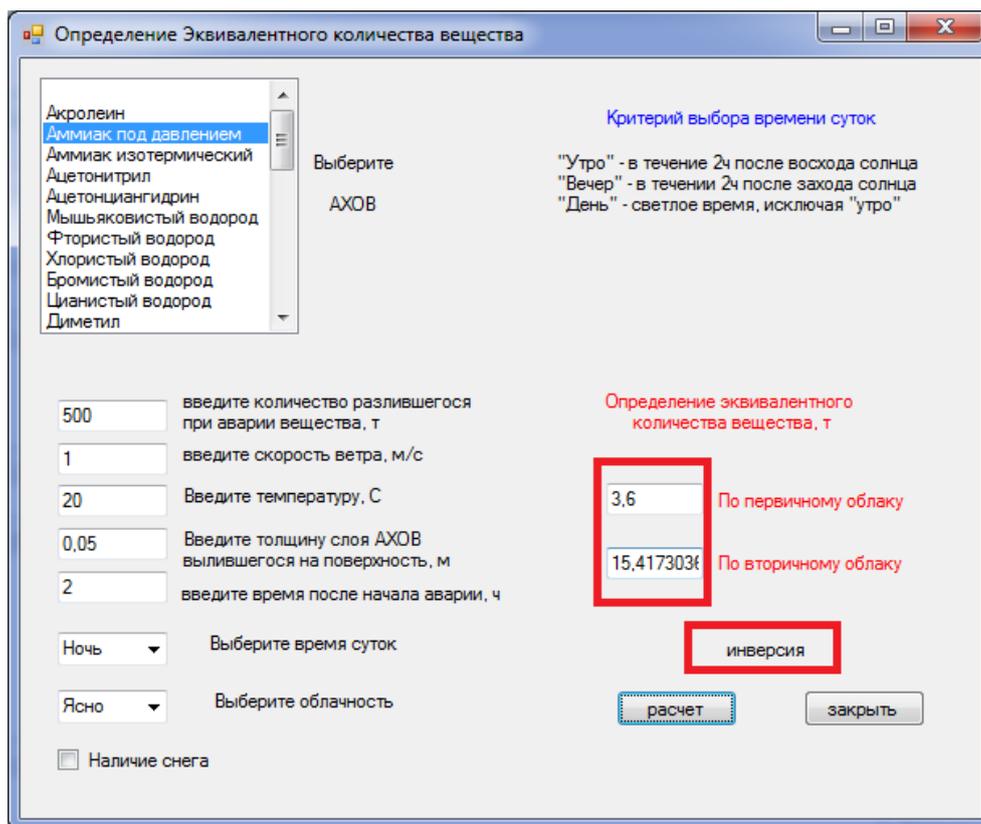


Рис. 4. Вид окна программы с результатами расчета эквивалентного количества вещества

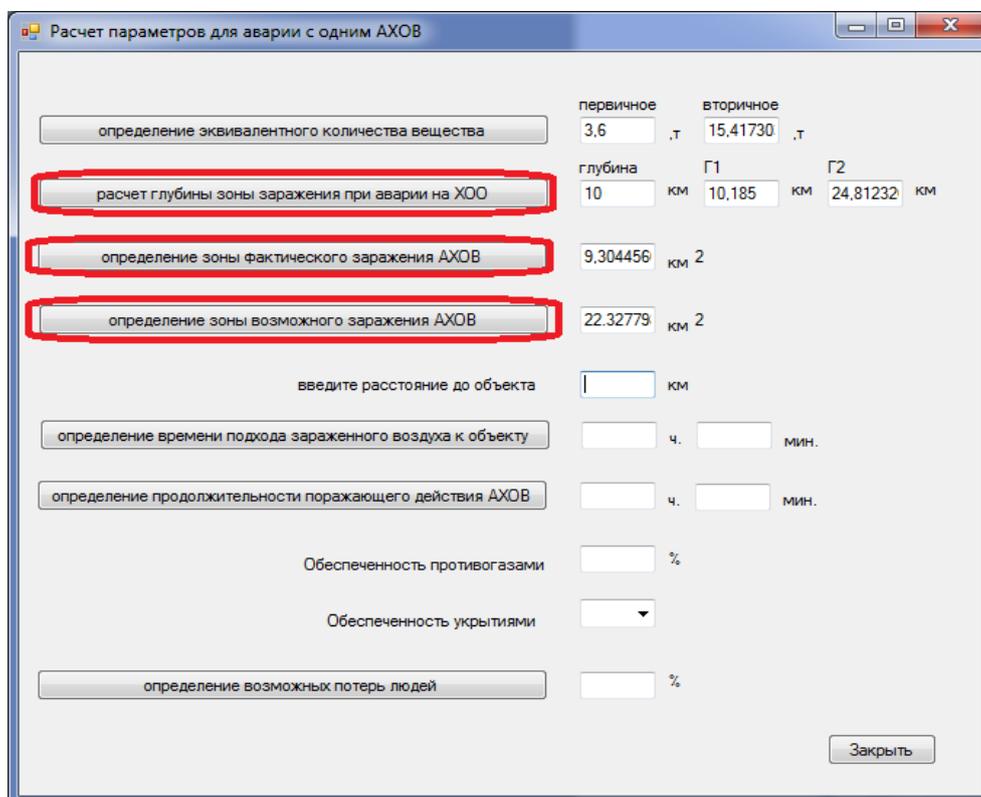


Рис. 5. Вид окна программы с определением зон фактического и возможного заражений

Расчет параметров для аварии с одним АХОВ

определение эквивалентного количества вещества	первичное	вторичное
	3,6 т	15,41730 т
расчет глубины зоны заражения при аварии на ХОО	глубина	Г1 Г2
	10 км	10,185 км 24,81232 км
определение зоны фактического заражения АХОВ	9,304456 км <sup>2</sup>	
определение зоны возможного заражения АХОВ	22,32779 км <sup>2</sup>	
введите расстояние до объекта	2 км	
определение времени подхода зараженного воздуха к объекту	0 ч. 24 мин.	
определение продолжительности поражающего действия АХОВ		
Обеспеченность противогазами		
Обеспеченность укрытиями		
определение возможных потерь людей		

Заккрыть

Рис. 6. Вид окна программы с определением времени подхода зараженного воздуха к объекту

Расчет параметров для аварии с одним АХОВ

определение эквивалентного количества вещества	первичное	вторичное
	3,6 т	15,41730 т
расчет глубины зоны заражения при аварии на ХОО	глубина	Г1 Г2
	10 км	10,185 км 24,81232 км
определение зоны фактического заражения АХОВ	9,304456 км <sup>2</sup>	
определение зоны возможного заражения АХОВ	22,32779 км <sup>2</sup>	
введите расстояние до объекта	2 км	
определение времени подхода зараженного воздуха к объекту	0 ч. 24 мин.	
определение продолжительности поражающего действия АХОВ	1 ч. 21.7 мин.	
Обеспеченность противогазами		
Обеспеченность укрытиями		
определение возможных потерь людей		

Заккрыть

Рис. 7. Вид окна программы с определением продолжительности поражающего действия АХОВ

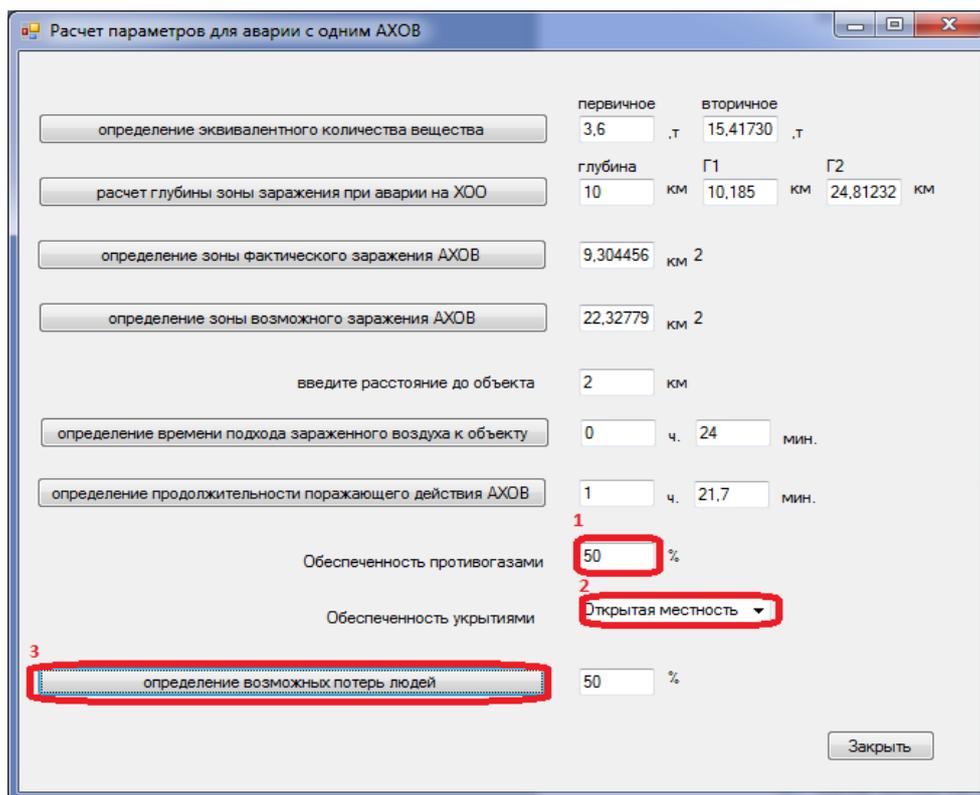


Рис. 8. Вид окна программы с определением возможных потерь людей

При выполнении работы рассматривались материалы исследований [2-18].

Таким образом, разработанная программа на языке высокого уровня C# позволяет вести расчет параметров чрезвычайных ситуаций связанных с выбросом аварийно химически опасных веществ.

Программа предназначена для использования в учебных целях, что позволяет вести заблаговременно прогнозирование последствий возможных чрезвычайных ситуаций и оценивать их влияние на экологию. Планируется дальнейшее расширение и совершенствование программы.

### Библиографический список

1. РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте»

2. Проскурин, Д.К. Сходимость вычислительного процесса при реализации вариационного метода решения краевой задачи гидродинамики / Д.К. Проскурин, Д.В. Сысоев, С.А. Сазонова

// Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2021. - Т. 17. - № 3. - С. 14-19.

3. Меркулов, А.С. Моделирование процессов, влияющих на качество бетонных покрытий дорог / А.С. Меркулов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 38-44.

4. Николенко, С.Д. Моделирование процесса износа кирпичных зданий / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 44-50.

5. Рогов, Н.Ю. Моделирование процесса обследования железобетонных опор технологических эстакад / Н.Ю. Рогов, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. 2021. Т. 14. № 1. С. 68-73.

6. Николенко, С.Д. Моделирование работы конструкций из дисперсно-армированного бетона при знакопеременной динамической нагрузке большой интенсивности / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 3. - С. 36-44.

7. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов

при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.

8. Пантелеев, А.И. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.

9. Кузнецова, Л.А. Исследование влияния на прочность при изгибе элементов конструкций армированных металлическими фибрами / Л.А. Кузнецова, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, А.А. Осипов, Н.В. Заложных // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 4. - С. 51-57.

10. Старцев, В.Н. Анализ прочности монолитного перекрытия здания и контроль проектной документации / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 57-63.

11. Старцев, В.Н. Моделирование термонапряженного состояния фундамента и разработка мероприятий по улучшению эксплуатационных свойств бетона / В.Н. Старцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 2. - С. 64-71.

12. Николенко, С.Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 76-85.

13. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.

14. Жидко, Е.А. Парадигма информационной безопасности компании / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Вестник Иркутского государственного

технического университета. - 2016. - № 1 (108). - С. 25-35.

15. Жидко, Е.А. Принципы системного математического моделирования информационной безопасности / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Интернет-журнал Науковедение. - 2014. - №2 (21). - С.34.

16. Михневич, И.В. Исследование влияния теплового воздействия на прочностные характеристики бетона / И.В. Михневич, С.Д. Николенко // Научный журнал строительства и архитектуры. - 2017. - № 3 (47). - С. 43-51.

17. Панов, М.Я. Методология факторного анализа водораспределения и водопотребления / М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.С. Квасов // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2001. - № 5. - С. 82.

18. Осмоловский, Д.С. Пути снижения шума от круглопильных деревообрабатывающих станков применением вибродемпфирования с сухим трением в узле крепления пильного диска / Д.С. Осмоловский, В.Ф. Асминин // В сборнике: Леса России в XXI веке. материалы первой международной научно-практической интернет-конференции. - 2009. - С. 257-259.

19. Сазонова, С.А. Моделирование опасных внутренних усилий при расчете смешанным методом статически неопределимых рам со стержнями заданной жесткости / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 44-54.

20. Сазонова, С.А. Расчет смешанным методом статически неопределимых рам с элементами повышенной жесткости и численная проверка результатов расчетов с помощью метода конечных элементов / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Звягинцева // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 2. - С. 54-66.

#### Информация об авторах

**Сазонова Светлана Анатольевна** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Николенко Сергей Дмитриевич** - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

**Епифанов Евгений Николаевич** - кандидат технических наук, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова (394087, Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8), e-mail: een81gps@yandex.ru

#### Information about the authors

**Svetlana A. Sazonova**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University, (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

**Sergey D. Nikolenko**, Ph. D. in Engineering, Associate Professor, Voronezh State Technical University, (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: ni-kolenkoppb1@yandex.ru

**Evgeniy N. Epifanov**, Ph. D. in Engineering, Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov (394087, Russia, Voronezh, Timiryazeva st., 8), e-mail: een81gps@yandex.ru

УДК 327

## ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЙН В АРКТИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

А.В. Митько

*Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России*

**Аннотация:** в рамках тенденции развития современных информационных войн Арктический театр занимает особое место, определяемое рядом объективных факторов. В их числе: экстремальные природно-климатические условия; большая протяженность береговой линии и очаговый характер размещения сил пограничной охраны; низкая плотность населения; отсутствие единого промышленно-хозяйственного комплекса на территории и удаленность от основных промышленных центров, высокая ресурсоемкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок топлива, продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов России; низкая устойчивость экологических систем, определяющих биологическое равновесие и климат Земли и их зависимость даже от незначительных антропогенных воздействий

**Ключевые слова:** геополитика, диффузная геоинформационная система, «гибридная война», Арктика

## MAIN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF INFORMATION WARS IN THE ARCTIC

A.V. Mitko

*Saint Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia*

**Abstract:** within the framework of the development trend of modern information wars, the Arctic theater occupies a special place, determined by a number of objective factors. These include: extreme natural and climatic conditions; a long coastline and the focal nature of the deployment of border guard forces; low population density; lack of a single industrial and economic complex on the territory and distance from the main industrial centers, high resource intensity and dependence of economic activity and life support of the population on the supply of fuel, food and essential goods from other regions of Russia; low stability of ecological systems that determine the biological balance and climate of the Earth, and their dependence on even minor anthropogenic impacts

**Keywords:** geopolitics, diffusion geographic information system, «hybrid war», the Arctic

Современное развитие информационных технологий и телекоммуникаций определяет активное развитие географических информационных систем (ГИС) [1, 2].

В XXI веке ГИС широко применяются в различных областях деятельности, таких как логистика, различные виды транспортных перевозок, газовой и нефтяной промышленности, в бизнес проектах и решении прикладных задач [3-5].

Одно из примечательных явлений в науке заключается в стремлении перейти от изучения хорошо организуемых систем к плохо организуемым, или диффузным системам.

Диффузные геоинформационные системы (далее система) - это системы, в которых нельзя «установить непроницаемые перегородки», разграничивающие действия или явления переноса влияния переменных

различной природы [3, 5]. Этими принципиальными особенностями диффузные системы выделены в класс сложных систем. Разнообразие ГИС допускает существование как хорошо организуемых, так и диффузных систем [4, 6]. Системы управления и основные её составляющие, по своей природе — диффузные системы, так как любое принимаемое решение, согласно закону о динамическом равновесии, некоторым неизвестным образом отразится на результатах процессов или действиях элементов системы управления [6-8].

Если мы говорим о хорошо организуемых системах, то это или системы с замкнутым контуром и управлением по отклонениям, или самонастраивающиеся системы, способные выдерживать воздействие внешней среды за счет способности к адаптации. В системе с замкнутым контуром в процессе управления все время осуществляется обратная связь в целях минимизации возникшего

отклонения. Самонастраивающаяся система - это система, способная обеспечить устойчивое функционирование организации в условиях произвольно возникающих и изменяющихся возмущающих воздействий внутренней и внешней среды. Система реализует два контура управления - управление по отклонениям и управление с адаптацией путем введения в систему компенсационных элементов, например запасов сырья, резервных мощностей. Термин «самонастраивающаяся система» является синонимом термина «адаптивная система». В класс самонастраивающихся включаются и системы, о которых известно, что их динамические параметры будут претерпевать изменения. Это явление закономерно для развивающихся организационных систем. В зависимости от сложности таких систем, управление ими может осуществляться по принципу хорошо организуемых систем или диффузных систем. Систему, способную за счет изменения своих свойств сохранять устойчивый характер взаимодействия с внешней средой, несмотря на возможные изменения внешних и внутренних факторов, называют самоорганизующейся [9].

Принятие модели системы как диффузной вместо хорошо организуемой, равновесной системы повлекло за собой изменения в методологии и теории исследований систем управления [10, 11].

При исследовании диффузных систем законы и строгие функциональные зависимости заменены моделями. Поясним данное следствие. Точные науки стремились иметь дело с хорошо организуемыми, равновесными системами, в которых несложно выделить явления или процессы одной физической природы, зависящие от не-большого числа факторов [3-10]. Результаты исследования можно было представить легко интерпретируемыми функциональными связями, которым приписывалась роль неких абсолютных законов. Предполагалось, что исследователь мог с любой степенью точности определить пределы изменения параметров, а затем, поочередно варьируя некоторые из них, уста-

новить интересующие зависимости [11].

Переход от изучения хорошо организуемых систем к изучению диффузных систем, естественно, оказал влияние на методологию и концепции исследований, на систему взглядов, которой пользуются исследователи в повседневной работе. Модель (математическая, структурная, аналоговая), в отличие от некоторой абсолютной категории истинности, становится основным инструментом исследований, несмотря на то, что на данном уровне познания системы она может давать только приближенное представление о ее свойствах - поведении, движении, устойчивости, адаптации, гибкости, надежности [10, 11].

Приоритетный подход в исследовании диффузных систем - синтез кибернетического и процессного подходов, направленный на изучение полного цикла «вход - процесс - выход» функционирования элемента и отношений, как между элементами, так и между организацией и более крупной системой, то есть внешней средой [12].

Математические модели преобразования входных ресурсов и модели, описывающие связи между входными ресурсами и выходными результатами, отличаются значительным разнообразием. Это могут быть модели, основанные на идеях и методах многомерной математической статистики, методах исследования операций, математической логике [14].

Диффузная система как любая сложная система должна поддерживать свои параметры и функции в определенном диапазоне на основе создания устойчивой внутренней среды относительно возмущающих воздействий внешней среды и происходящих случайных «отказов» в ней самой, то есть создавать свой гомеостаз, определенную форму устойчивого функционирования за счет адаптации и гибкости [14].

На современном этапе в теории управления система отождествляется с организмом, а организм означает систему, имеющую свои собственные цели, рожденные ее внутренней сущностью с возможностью им сле-

довать [15]. Цель развития такой системы - это новый гомеостаз. Этим понятием определяется «согласованная с состоянием Природы и ее законами» форма развития системы, которая рассматривается как «устойчивое неравновесие» (sustainability development).

Применительно к исследованию систем управления понятие формы развития системы как «устойчивого неравновесия» наглядно подтверждается закономерностью жизненного цикла системы. Гомеостаз — многопараметрическое пространство, в котором, несмотря на некоторую флуктуацию системы, обеспечивается ее равновесие. Диффузная система должна обладать свойством самоорганизации, подразумевающей, прежде всего способность к самообучению, выбору вариантов и механизмов их отбора, что обеспечит ее развитие, а далее - адаптацию к условиям существования. Механизм самоорганизации может развиваться только в системах, характеризующихся «принципиальной стохастичностью» и «принципиальной неустойчивостью». Диффузные системы - это открытые системы, которые обмениваются энергией (результатами работы) или информацией с внешней средой. Главенствующую роль во внешней среде системы играют не порядок, стабильность и равновесие, а неустойчивость и неравномерность. Это объясняется тем, что все системы непрерывно флуктуируют. В особой точке бифуркации флуктуации достигают такой силы, что система не выдерживает и разрушается, которые называют диссипативной структурой. Диссипативные структуры существуют лишь тогда, когда система диссипирует (рассеивает) энергию, в результате чего возникает порядок. Примером диссипативных структур служат сетевые организационные структуры. На практике диффузия и флуктуация системы несколько приглушаются рассеиванием энергии более мощной системы в виде создания сетевых структур [16].

В свою очередь война, как социальное явление рождает ее новые типы.

Таковыми новыми типами современной

войны, являются «диффузные войны» и их разновидность «гибридная война», как один из основных видов ведения информационной войны.

Новый тип войны называется «диффузным» или «гибридным», так как в своих основах содержит элементы самых современных знаний и технологий (например, информационных и компьютерных войн) [17].

«Диффузные – гибридные» войны являются:

– предтечей становления новой цивилизационной парадигмы – базовой схемы бытия и методом новой колонизации будущего и эпохи нового рабства;

– методом формирования нового человеческого общества, то есть контробщества, для замены имеющегося старого человечества, то есть, для замены нас с вами;

– войной «вечных маргиналов» современной цивилизации за свою собственную историю и свою новую цивилизацию - за счет всего другого.

В парадигме общей теории войны, феномен «диффузной войны» заключается в том, что «диффузные войны», - есть современная версия войны, как вооруженной борьбы, это войны нового варварства.

1. Это война «мировых неудачников» современной цивилизации за их мировое первенство через гибель (смерть) существующей цивилизации.

2. Война включает (подразумевают) наличие совокупности новых и разнородных агентов войны, со случайно совпадающими, или специально определяемыми, интересами и целями, для создания возможностей их новой реализации.

3. Это реальная диффузия - взаимопроникновение организационных, технологических и информационных начал войн, ведущихся государствами и их вооруженными силами, с преобладанием в этих основах методов, средств, технологий и приемов «мятеже войны», массового геноцида и террора.

Другими словами, - это путь от войны цивилизованной к войне инстинктивной, от государственно организованных форм во-

оруженной борьбы, военного права и военной этики, к тотальному геноциду людей на территории противника и культу смерти, как таковой.

Это путь устранения моральных ограничений насилию и смерти, как основным компонентам и сущности этой войны.

4. «Диффузные войны» не являются войнами инстинктивными, непреднамеренными или случайными, они планируются, организируются и обеспечиваются.

5. Эти войны ведутся новыми военными общностями, которые возникают как новые агенты войны, решающие свои задачи методами тотального насилия и физического уничтожения противника и всего того, что они понимают под этим определением.

6. Отказ от принципов эскалации (деэскалации) конфликтов, к принципам их диверсификации и тотального насилия.

7. Опора на собственные силы при расширенном понимании войны, как выгодного бизнеса.

8. Синонимом, разновидностью и равнопорядковым явлением «диффузной» войны, является «гибридная война».

«Гибридная война» – не является новым военным откровением.

«Гибридная война» – это есть современная версия и форма войны, как вооруженной борьбы.

Сущность войны:

– война негосударственных вооруженных формирований против государства как такового и без официального участия в войне государственных вооруженных сил вторжения, осуществляемая методом вооруженного нашествия.

Цели войны:

– силовой захват власти и ресурсов страны, и их перераспределение для личного обогащения новой власти и в интересах (по планам).

Особенности ведения войны:

– ведется методами вооруженного нашествия и сетевой войны, то есть войны, не имеющей одного и явного центра управления войной;

– ведется негосударственными формированиями против государства и всех его институтов, под лозунгами и видом гражданской войны;

– ведется только против слабых мест государства и местного населения

– широко используя методы информационной войны и террора;

– мгновенная реакция на изменение обстановки и гибкость управления, при видимости его отсутствия [1, 17].

Противостояние «гибридной войне» является актуальной темой различных конференций и круглых столов, в ходе которых выдвигаются различные предложения по противодействию гибридным войнам. Так, на данный момент предложено создание своих собственных информационных пропагандистских структур, ориентированных на конкретную аудиторию населения, создание научных организаций, которые будут разрабатывать технологии противодействия враждебной пропаганде в обществе с использованием современных информационных технологий. Одной из мер противодействия может выступить укрепление экономики, повышение уровня жизни в стране, а также устранение явных проблем государства, которые могли бы вызвать недовольства граждан страны [7, 17, 18].

На основе изложенного парадигма исследования систем управления формулируется следующим образом. Система управления развивающейся ГИС — это диффузная система, объективная особенность которой обусловлена взаимозависимостью свойств и флуктуацией параметров и связанными с ними принципиальной неустойчивостью и «стохастичностью», «устойчивым неравновесием» и неопределенностью информации.

Развитие современной армии, как и развитие современного общества в целом, базируется на внедрении и развитии информационных технологий. Важнейшей составной частью большинства технологий являются средства обработки цифровой информации о местности во взаимосвязи с многообразными данными о противнике и своих

войсках. Одним из таких случаев является использование геоинформационных систем для управления войсками и оружием, поддержки принятия решения командованием, планирования боевых действий войск и видов боевого обеспечения.

Основным требованием к геоинформационным системам военного назначения является преобразование и представление больших объемов разнообразной координатно-временной информации в виде, удобном для использования, органам управления войсками и оружием в процессе изучения, анализа и оценки обстановки, планирования операций.

ГИС помогают командиру любого уровня в полной мере получать необходимую информацию без проведения дополнительной рекогносцировки [19].

Геоинформационные системы военного назначения предоставляют пользователям средства для:

- сбора, накопления и визуализации цифровой информации о местности, а также привязки и использования совместно с ней различной тематической пользовательской информации;

- создания и издания топографических и специальных карт;

- разработки и выполнения ГИС-приложений, решающих широкий круг задач от анализа и оценки местности до моделирования действий.

Кроме того геоинформационные системы военного назначения обеспечивают:

- повышение эффективности работы должностных лиц за счёт своевременного доведения до них необходимой информации о местности и происходящих на ней процессах посредством электронных и пользовательских карт (рабочих карт должностных лиц [8];

- возможность пространственного манипулирования картографическими данными совместно с атрибутивной информацией и выявления новых связей, используемых в процессе принятия решений [3, 12, 19];

- предоставление эффективных

средств обработки и анализа пространственно - распределённой информации: оперативно - тактической; разведывательных данных; фоно-целевой информации; метео- и геофизических данных; результатов мониторинга зоны ответственности [17, 18].

Кроме того, объединение разнообразных разведывательных средств в одно информационно-коммуникационное поле снижает вероятность получения неполных и недостоверных данных, а сопряжение средств разведки с ударными комплексами позволяет существенно сократить время от обнаружения цели до её уничтожения. Использование алгоритмов сверки данных позволяет значительно снизить и процент некачественной или заведомо ложной информации, поступающей в систему [2, 3-6].

Для построения диффузной ГИС с необходимой работоспособностью, эффективностью и простым пользовательским интерфейсом существуют все необходимые инструменты, развитые технологии, инструментальное программное обеспечение, аналогичные зарубежные примеры. У современных компаний имеется необходимый набор программ для создания ГИС любого уровня сложности, любого уровня интеграции, но проблема заключается не в обилии инструментов, а в их эффективном использовании, другими словами инструмент должен соответствовать решаемой задаче [20]. Кроме того, ГИС нельзя воспринимать только как инструмент. ГИС – это пять элементов, которые должны рассматриваться вместе: аппаратные средства ЭВМ, программное обеспечение, данные, человеческий ресурс, организационные задачи. Для успешной реализации системы все эти компоненты должны рассматриваться в течение всех этапов: разработка, внедрение, обучение людей, эксплуатация и дальнейшее развитие. Только такой подход к структуре диффузной ГИС прикладного назначения может являться залогом положительного результата [7, 15, 20].

На основе изложенного парадигма исследования систем управления формулируется следующим образом. Система управле-

ния развивающейся ГИС - это диффузная система, объективная особенность которой обусловлена взаимозависимостью свойств и флуктуацией параметров и связанными с ними принципиальной неустойчивостью» и «стохастичностью», «устойчивым неравновесием» и неопределенностью информации.

Подводя итог, хотелось бы отметить, что «гибридные войны» невозможно увидеть закрепленными юридически, как правило, они происходят негласно. Актуальной задачей любой из стран противостоять данной войне, готовить свою страну к возможной гибридной угрозе со стороны государства агрессора. Современная концепция ведения в сети центральных «гибридных войн» на Евроазиатском пространстве Арктического региона обуславливает очень жесткие требования к оперативности и живучести управления на базе сетевых технологий. Геоинформационные диффузные системы позволяют вывести эти качества на новый уровень.

#### Библиографический список

1. Владимиров А.И. Доклад «Гибридные войны XXI века» / Труды конференции «Гибридные войны в общей теории войны» // Москва. 2015.
2. Горбунов А.А., Пономорчук А.Ю., Иванов В.Г. Использование ГИС при принятии управленческих решений в общей государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Вестник СПб УГПС МЧС России. СПб. 2014. С. 71-75.
3. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Анализ статистики столкновений воздушных судов с птицами за 2002-2012 годы и современные средства обеспечения орнитологической безопасности полётов // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 65-77.
4. Яковлев Д.В., Звягинцева А.В. Построение межотраслевой комплексной геоинформационной системы Воронежской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1-3. С. 923-930.
5. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Локализация объектов в распределенной системе видеонаблюдения // Информация и безопасность. 2010. Т. 13. № 4. С. 583-586.
6. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Система видеонаблюдения и локализация природных объектов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 12. С. 107-109.
7. Митько А.В. Принципы формирования интегрированной системы мониторинга обстановки в прибрежной зоне Арктического региона // Труды Международной научно - практической конференции «Инфогео-2013». СПб, 2013, С. 84-89.
8. Звягинцева А.В., Яковлев Д.В. Перспективы пространственного анализа в географических информационных системах для прогнозирования риска лесных пожаров на территории Воронежской области // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 78-88.
9. Попович В. В., Потапычев С. Н., Панькин А. В., Шайда С. С., Воронин М. Н. Интеллектуальная ГИС в системах мониторинга // Труды СПИИРАН. СПб. Наука. 2006. Вып. 3. Т. 1. С. 172-184.
10. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Автоматизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок // Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.
11. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.
12. Аржаных Ю.П., Долженкова В.В., Звягинцева А.В. Прогнозирование гидрологической обстановки в период половодья на водных объектах Воронежской области с применением географических информационных систем // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 89-98.
13. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.
14. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.
15. Долженкова В.В., Звягинцева А.В., Усков В.М. Антропогенное воздействие на хозяйственные объекты // Вестник Воронежского

государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 11. С. 24-27.

16. Разуваев В.В. Арктика: три сценария // Стратегия России. Вып. 3. Москва. 2016. С. 31-40.

17. Неижмак А.Н., Звягинцева А.В., Рас-торгуев И.П. Распознавание опасных метеорологических явлений конвективного происхождения в интересах управления авиацией // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 10. С. 135-139.

18. Емельяненко А.Р., Звягинцева А.В., Федянин В.И. Построение автоматизированной информационной системы оперативного преду-

ждения // Информация и безопасность. 2008. Т. 11. № 3. С. 361-368.

19. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.

20. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлева А.И. Оценка биолого-социальных последствий горения нефти и нефтепродуктов на поверхности водоемов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 55-60.

#### Информация об авторе

**Митко Арсений Валерьевич** - кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России (196105, г. Санкт-Петербург, Московский проспект 149), Вице-президент Арктической общественной академии наук (191196, Санкт-Петербург, ул. Бассейная, 21), e-mail: amitko@arcticas.ru

#### Information about the author

**Arseny V. Mitko**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the St. Petersburg University of the State Anti-Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, (196105 St. Petersburg, Moskovsky Prospekt 149), Vice-President of the Arctic Public Academy of Sciences, (191196, St. Petersburg, Basseynaya str., 21), e-mail: amitko@arcticas.ru

УДК 504.06

## ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ

**В.Я. Манохин, В.В. Кульнева, Е.А. Бибилов**

*Воронежский государственный технический университет*

**Аннотация:** статья посвящена анализу существующих методов переработки твердых коммунальных отходов. Делается вывод, что в г. Воронеж наиболее целесообразно внедрение технологии компостирования с предшествующей сортировкой, с целью отделения компонентов, являющихся вторичным сырьем

**Ключевые слова:** компостирование, несанкционированные свалки, полигоны, бытовые отходы, твердые отходы, сырьё

## PRINCIPLES OF DEVELOPING AN OPTIMAL SCHEME FOR HANDLING SOLID HOUSEHOLD WASTE

**V.Ya. Manokhin, V.V. Kulneva, E.A. Bibikov**

*Voronezh State Technical University*

**Abstract:** the article is devoted to the analysis of existing methods of processing municipal solid waste shows that in Voronezh it is most expedient to introduce composting technology with prior sorting, in order to separate the components that are secondary raw materials

**Keywords:** composting, unauthorized landfills, landfills, household waste, solid waste, raw materials

Решение проблемы тенденций положительного роста городской территориальности в частности зависит от схем обращения с твердыми бытовыми отходами (ТБО). Каждый год в Российской Федерации коли-

чество мусора возрастает на 200 млн. м<sup>3</sup> (40 млн. т)[1, 2].

На полигонах России на сегодняшний день скопилось 100 млрд. т. ТБО. Большая часть твердых бытовых отходов складировается на многочисленных свалках и полигонах разных типов [3]. На полигонах оказывается

около 85% отходов; 5% отходов отправляются на вторичную переработку, но из них применяются около 3%, как утилизированный продукт; около 10% попадает на несанкционированные свалки [2, 4].

Результаты анализа проиллюстрированы рис. 1.

Российской Федерации накопление отходов снижает устойчивость экологического потенциала и наносит большой экологический, экономический и социальный вред [5, 6].

Эффективное обращение с отходами включает вовлечение утилизированного сырья в переработку и экологически безопасное обезвреживание (рециклинг), является определяющим фактором экономического и социального положения страны и регионов [7, 8].

Такая задача может быть решена лишь на основе научно обоснованной концепции обращения с отходами, сокращения количества депонированных на полигонах отходов, снижения риска загрязнения атмосферы, подземных, поверхностных вод и почв, создания высокоэффективной системы мониторинга в сфере ТБО [9, 10].

Рециклинг - это один из главных факторов эффективного обращения с твердыми бытовыми отходами. Социальное и экономическое состояние регионов зависят от него [11].

Сокращение количества депонированных на полигонах отходов снижает риск загрязнения атмосферы, а также вод и почв.

Такая задача может быть решена исключительно на основе научно аргументированной концепции обращения с отходами, сокращения количества депонированных на полигонах отходов, снижения риска загрязнения атмосферы, подземных, поверхностных вод и почв, создания высокоэффективной системы мониторинга в сфере ТБО [4, 6, 8, 10, 12].

В реальной практике российских проектов обращения с ТБО характерными являются одни и те же проблемы, в частности:

- недостаток финансирования экологических программ;
- неимение полной инфраструктуры;
- отсутствие развитого рынка утили-

зированного сырья;

- отсутствие документальной базы, которая регламентировала бы обращение с отходами;

- несовершенство порядка управления, разграничивающей полномочия и субсидирование среди федеральных, региональных и местных органов в условиях предприятий и организаций разных конфигураций собственности;

- неточность подсчета норм накопления отходов и несоблюдение регламента их пересмотра;

- огромное воздействие цены транспортировки ТБО на расходную часть общего бюджета в области обращения с отходами;

- проблемы в подборе оптимальных и эффективных научно-технических схем переработки твердых бытовых отходов [12, 13].

До 2010 г. для городского округа Воронеж единственным документом, определяющим перспективы развития системы обращения с ТБО, являлась схема санитарной очистки, разработанная ЗАО «Прима-М» по заказу Управления по охране окружающей среды г. Воронежа в 2001 г. Предоставленная методика вводилась как базовый документ для подразделений городской администрации и редактировалась в 2005 г.

Предположение фирмы «Прима» о росте твердых бытовых отходов, в связи с приростом численности населения г. Воронежа до миллиона человек к 2010 году не оправдалось [14].

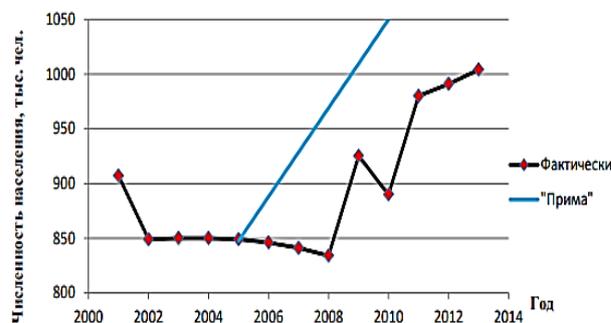


Рис. 1. Анализ накопления среднегодовых норм ТКО по жилому сектору крупных городов РФ

Анализ накопления среднегодовых норм ТКО по жилому сектору учреждений определенных крупных городов РФ, показывает, что увеличение объемов определяется не ростом численности населения, а увеличением количеством отходов, приходящихся на одного проживающего [3, 5, 7, 9, 11, 13, 15].

Существующие нормы накопления ТКО значительно ниже фактических показателей [16].

В ряде регионов имеются нормативы в большей степени отражающие специфику разнообразных объектов [17]. Например:

1. На торговых объектах предусматриваются отходы, образующиеся не только в торговом зале (расчет по торговой площади), но и отходы от жизнедеятельности штатных работников; отходы, образующиеся в складских помещениях.

2. Для финансово - кредитных учреждений, не включая отходы от штатных работников, учитываются отходы, образующиеся в операционном зале.

3. На предприятиях общественного питания кроме отходов, рассчитываемых

от количества посадочных мест, учитываются отходы от складских помещений и отходы от жизнедеятельности штатных работников.

В ряде регионов вполне закономерно проведена более подробная градация объектов образования отходов.

Как следует из исследований, проведенных АКХ им. К.Д. Памфилова, возможно, определить нормы накопления отходов и на последующие годы.

Для жилого сектора:

$$N_{пр} + N_{исх} (1 + 0,265t), \tag{1}$$

где  $N_{пр}$  - прогнозируемая норма накопления отходов;  $N_{исх}$  - применяемая (исходная) норма накопления отходов;  $t$  - период прогнозирования лет; 0,0265 - коэффициент, учитывающий ежегодный прирост объемов накопления ТБО, это составляет 2,65%.

Согласно полученной информации по расчету рис. 2, в дальнейшие годы данные показали, что линейная функция не является точной аппроксимацией полученной экспериментальной кривой.

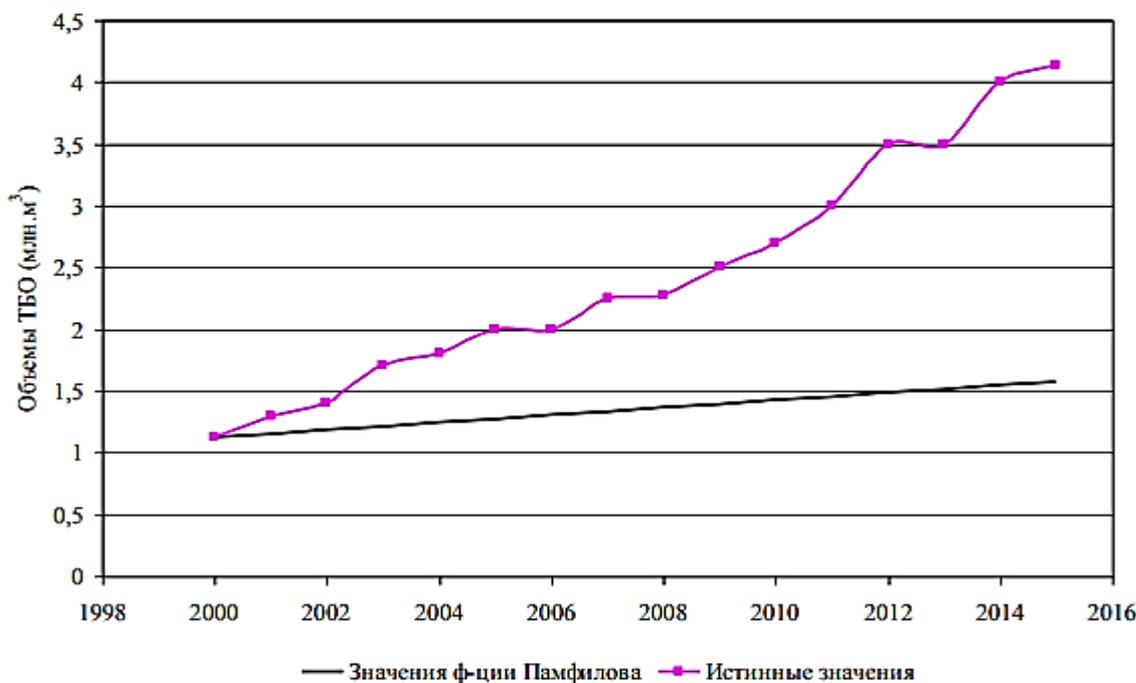


Рис. 2. Фактические объёмы ТБО поступившие на полигоны

Расчет фактических объемов ТБО поступивших на полигоны:

$$\tilde{N}_{исх} = N_{исх} + M_{исх}, \quad (2)$$

где  $\tilde{N}_{исх}$  - количество отходов от жилого сектора;  $N_{исх}$  - количество отходов от отдельно стоящих объектов общественного назначения (культурно - бытового назначения и предприятий общественного питания).

Сопоставление данных демонстрирует, что фактический объем на порядок выше прогнозируемого.

Объемы накопления твердых бытовых отходов по расчетным периодам, согласно вычислениям фирмы «Прима-М» не подтвердились, не подтвердились еще и данные о среднесуточном накоплении твердых бытовых отходов.

Выводы:

1. В настоящее время преобладающим способом переработки ТБО в мире является захоронение на специальных полигонах. В среднем по ведущим странам мира этот способ составляет 58%, в Российской Федерации около 98%.

2. Выбор технологии переработки определяется путем экономического и экологического сравнения разных вариантов.

### Библиографический список

1. Схема санитарной очистки г. Воронежа / М.: ЗАО Прима. 2001.

2. Звягинцева А.В., Чекашев К.В., Федянин В.И. Анализ техногенного загрязнения природной среды Воронежской области // Технологии гражданской безопасности. 2006. Т. 3. № 2 (10). С. 96-98.

3. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Анализ статистики столкновений воздушных судов с птицами за 2002-2012 годы и современные средства обеспечения орнитологической безопасности полётов // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 65-77.

4. Яковлев Д.В., Звягинцева А.В. Построение межотраслевой комплексной геоинформационной системы Воронежской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1-3. С. 923-930.

5. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Авто-

матизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок // Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.

6. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.

7. Звягинцева А.В., Яковлев Д.В. Перспективы пространственного анализа в географических информационных системах для прогнозирования риска лесных пожаров на территории Воронежской области // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 78-88.

8. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Локализация объектов в распределенной системе видеонаблюдения // Информация и безопасность. 2010. Т. 13. № 4. С. 583-586.

9. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Система видеонаблюдения и локализация природных объектов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 12. С. 107-109.

10. Аржаных Ю.П., Долженкова В.В., Звягинцева А.В. Прогнозирование гидрологической обстановки в период половодья на водных объектах Воронежской области с применением географических информационных систем // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 89-98.

11. Солодов Е.А., Звягинцева А.В. Анализ рисков дорожно-транспортных происшествий на примере опасных участков дороги города Воронежа // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 8. С. 72-75.

12. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.

13. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. № 12 (48). С. 31-33.

14. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Комплексная очистка нефтесодержащих сточных вод // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 6. С. 61-62.

15. Долженкова В.В., Звягинцева А.В., Усов В.М. Антропогенное воздействие на водо-

хозяйственные объекты // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 11. С. 24-27.

16. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлев Д.В. Современные проблемы оценки последствий лесных пожаров и методы их решений // Вестник Воронежского государственного тех-

нического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 98-102.

17. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.

#### Информация об авторах

**Манохин Вячеслав Яковлевич** – доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: manohinprof@mail.ru

**Кульнева Виолетта Владимировна** - инженер, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), тел: 89081489713.

**Бибиков Евгений Александрович** – аспирант, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: sonofson@ro.ru

#### Information about the authors

**Vyacheslav Y. Manokhin**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: manohinprof@mail.ru

**Violetta V. Kulneva**, Engineer, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph.: 89081489713.

**Evgeny A. Bibikov**, Postgraduate student, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: sonofson@ro.ru

УДК 004.048

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**А.А. Ивлиева, А.Ф. Валько**

*Пензенский государственный университет*

**Аннотация:** в статье обосновывается актуальность применения методов интеллектуального анализа данных, возникающих в рамках учебного процесса. Авторы рассматривают алгоритмы для поддержки принятия решений по управлению образовательным процессом. Подробно изложены основные задачи и методы интеллектуального анализа данных в сфере образования

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ данных, образовательный процесс, поддержка принятия решений, алгоритмы классификации, Educational data mining, прогнозирование, поведение студентов

## INTELLIGENT DATA ANALYSIS FOR FORECASTING AND DECISION SUPPORT IN THE SYSTEM OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**A.A. Ivlieva, A.F. Valko**

*Penza state University*

**Abstract:** the article substantiates the relevance of the application of data mining methods arising in the educational process. The authors consider algorithms to support decision-making in the management of the educational process. The main tasks and methods of data mining in the field of education are outlined in detail

**Key words:** data mining, educational process, decision support, classification algorithms, Educational data mining, forecasting, students behavior

Современная сфера образования претерпевает различные реорганизационные изменения, связанные, в том числе и с вынужденным периодическим выстраиванием дистанционного процесса обучения студентов и работы сотрудников всех подразделений. Эти изменения затрагивают множество уже

ранее устоявшихся процессов, происходящих в сфере образования на постоянной основе.

Одним из наиболее сложных, и мультизадачных процессов в сфере образования является процесс принятия решений. Одним из критериев принятия эффективного решения является анализ информации, собранной от участников образовательного процесса на

различных его этапах.

Данные, накопленные по разным аспектам работы образовательного учреждения, могут быть использованы для принятия решений по управлению образовательным процессом. Различные исследования подтверждают, что значительное влияние на процесс принятия решений в сфере образования оказывают экспертные оценки ответственных лиц учебного заведения, а также экспертиза преподавателей, заключающаяся в формировании учебных планов, оценки учебной деятельности и так далее. Чтобы сделать процесс принятия решения более объективным и однозначным, необходимо ориентироваться на специализированный научный аппарат, реализованный, например, в системах поддержки принятия решений. [2].

На сегодняшний день современные методы автоматизированного извлечения полезных данных, машинного обучения и статистики затрагивают всех участников образовательного процесса: обучающихся, преподавателей и административных работников сферы образования. Большинство исследований в научном поле данных методов предполагает использование в учебном процессе так называемых интеллектуальных обучающих систем (Intelligent Tutoring Systems, ITS).

По определению, термин «data mining» (интеллектуальный анализ данных) подразумевает выявление совокупности новых, нетривиальных и практически полезных и доступных знаний, необходимых для принятия решений в различных областях деятельности. [1]. Educational data mining (EDM) является одним из направлений, рассматриваемых в рамках интеллектуального анализа данных. [1].

Одна из основных задач EDM нахождение скрытых закономерностей в данных. Таким образом, суть EDM - это методы, инструменты и исследования, связанные с автоматическим извлечением данных, относящихся к различным видам деятельности, что также применимо и для рассматриваемой в данной статье образовательной деятельности. [2].

Наиболее характерными задачами интеллектуального анализа образовательных данных являются следующие:

– мониторинг и формирование про-

фессиональных компетенций сотрудников учреждения;

– проектирование учебных планов, индивидуальных учебных планов, программ учебных дисциплин;

– анализ и прогнозирование повышения конкурентоспособности выпускников на рынке труда;

– прогнозирование и проектирование тех качеств выпускника, которые предполагается получить по завершении образовательного процесса;

– диагностика уровня качества образования для оперативной корректировки возможных регрессивных процессов;

– тестирование и оценка реального качества образования по кейсам направленным на определение соответствия стандартам.

Из основных целей EDM можно выделить:

– улучшение образовательного процесса путем поддержки принятия рациональных решений;

– направление студентов по целесообразной образовательной траектории;

– рекомендации студентам и преподавателям по корректировке образовательного процесса;

– анализ учебного процесса - выявление неявных взаимосвязей данных и распознавание различных путей восприятия информации обучающимся, приобретения на основе воспринятой информации навыков с различным качеством.

Основные методы интеллектуального анализа данных, полученных из образовательной сферы, базируются на статистике, машинном обучении и теории баз данных. К этим методам относятся:

– поиск ассоциаций;

– классификация;

– кластеризация;

– прогнозирование;

– факторный анализ;

– деревья решений и др.

Эффективность анализа образовательных данных напрямую зависит от представления анализируемых объектов в виде системы показателей. К ведущим принципам методологии подобных измерений относят:

– сочетание количественного и качественного уровня измерения;

– привлечение психодиагностических методик для измерения изменений качества

образования;

– использование факторного, дисперсионного и метаанализа для изучения данных о качестве подготовки студентов и т.д.

Одной из отличительных особенностей интеллектуального анализа данных образовательного процесса является то, что, помимо базовых методов и алгоритмов анализа данных, в EDM используются и некоторые специальные методы. А именно, для описания особенностей и характеристик среды обучения применяются различные психометрические методы, используемые в педагогике. Таким образом, интеллектуальный анализ образовательных данных - это область, тесно связанная с педагогической психологией. Более того, для решения подобных задач применимы также научные методы, объединяющие подходы из психологии и математический аппарат, позволяющие формализовать мнения экспертов с помощью математических методов.

Интеллектуальный анализ может быть проведен для различных данных относящихся к образовательному процессу. Данные, необходимые для анализа, могут быть взяты из баз данных университетов, в которых хранится информация о студентах, преподавателях, успеваемости, результатах при поступлении и выпуске, личных достижениях при учебной и внеучебной деятельности и т.д.

Данные, собранные на основе различных образовательных процессов, должны быть правильным образом распознаны и распределены на определенных шкалах измерения.

В свою очередь, данными могут служить качественные оценки работ обучающихся, результаты тестирования и анкетирования, тексты студенческих работ, учебные планы, рабочие программы дисциплин и т.д. Источниками образовательных данных в настоящее время являются такие информа-

ционные системы, как специализированные компьютерные программы предназначенные для проведения контрольных тестирований обучающихся, электронные информационные системы ВУЗов, социальные сети и т.д. К таким системам относят, например, Moodle, LMS, массовые онлайн-курсы и тестирования, распространенные в среде интернет и т.д. В качестве способа получения данных в таких системах можно использовать открытые API, отдающие данные в определенных форматах, доступных для преобразования программными средствами.

Стоит отметить, что одна из основных задач EDM - это прогнозирование успеваемости обучающихся.

Одну из основных ролей в обеспечении обратной связи для преподавателей играют методы интеллектуального анализа образовательных данных. Одним из перспективных направлений интеллектуального анализа образовательных данных является решение задачи конструирования учебного курса. [3]. Также следует отметить значимость интеллектуального анализа данных о внеучебной деятельности учащихся.

К другим важным задачам относятся: анализ и визуализация данных, моделирование поведения студентов, выявление нежелательного поведения студентов, выявление различных зависимостей.

### Библиографический список

1. Data Mining [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/dn683798.aspx>
2. Машинное обучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stmachlearn.html>
3. Бадарч Денев коммуникационные технологии в образовании. – М.: ИИТО ЮНЕСКО, 2013. – 320 с.

### Информация об авторах

**Ивлиева Аlesia Александровна** – аспирант, Пензенский государственный университет (440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40), e-mail: [valko.alesja@gmail.com](mailto:valko.alesja@gmail.com)

**Валько Александр Федорович** – кандидат технических наук, доцент, Пензенский государственный университет (440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40), e-mail: [aleksander.valk@rambler.ru](mailto:aleksander.valk@rambler.ru)

### Information about the authors

**Alesya A. Ivlieva**, post-graduate student, Penza state University (40, Krasnaya str., Penza, 440026, Russia), e-mail: [valko.alesja@gmail.com](mailto:valko.alesja@gmail.com)  
**Aleksander F. Valko**, candidate of technical Sciences, associate Professor, Penza state University (40, Krasnaya str., Penza, 440026, Russia), e-mail: [aleksander.valk@rambler.ru](mailto:aleksander.valk@rambler.ru)

УДК 004

## ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ

В.В. Кульнева<sup>1</sup>, В.И. Лохмачев<sup>2</sup>, Н.А. Парфенов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Воронежский государственный технический университет*

<sup>2</sup>*Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина*

**Аннотация:** рассмотрены вопросы разработки способов локализации объектов в распределенных системах видеонаблюдения. В данной статье предлагается система, позволяющая в определенных условиях добиться того же результата и лишенная указанных недостатков. Проведена разработка общих принципов локализации объектов в распределенных системах видеонаблюдения и разработка аппаратной составляющей распределенной системы видеонаблюдения

**Ключевые слова:** система, периферийные посты, камеры видеонаблюдения

## APPLICATION OF A DISTRIBUTED VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM TO LOCALIZE OBJECTS

V.V. Kulneva<sup>1</sup>, V.I. Lokhmachev<sup>2</sup>, N.A. Parfenov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Voronezh State Technical University*

<sup>2</sup>*Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin*

**Abstract:** the issues of developing methods of localization of objects in distributed video surveillance systems are considered. This article proposes a system that allows under certain conditions to achieve the same result, and devoid of these disadvantages. The development of general principles of localization of objects in distributed video surveillance systems and the development of the hardware component of a distributed video surveillance system has been carried out

**Keywords:** system, peripheral posts, CCTV cameras

Современный мир ставит все более сложные задачи по обеспечению безопасности и защите от вторжений особо важных объектов. Развитие технологий приводит к тому, что определять нарушения охраняемого периметра становится все сложнее, а требования к системам обеспечения безопасности с каждым годом ужесточаются [1-3].

Однако иногда необходимо не только определить наличие постороннего объекта в контролируемой зоне, но и указать его координаты с точностью до нескольких метров [3, 4].

Один из вариантов решения этой задачи – использование распределенной системы радиопеленгаторов [4-6]. Такие пеленгаторы устанавливаются в различных участках контролируемой территории, и точка пересечения пеленгов с них дает искомые координаты источника радиоизлучения [6]. Однако

такая система не лишена недостатков:

– радиопеленгаторы – устройства сложные и дорогие; кроме того, для их использования необходима лицензия;

– чтобы быть обнаруженным, нарушитель должен пользоваться радиосвязью, причем в контролируемом пеленгатором диапазоне частот.

Краткие результаты патентного исследования по данной тематике.

Патентное исследование показало отсутствие подобных разработок.

Результаты, полученные на данный момент.

Структурно система состоит из центрального поста (сбора и обработки данных) и двух или более необслуживаемых периферийных постов (видеонаблюдения), объединенных в единую сеть [6, 7]. После разворачивания системы для работы с ней достаточно присутствия одного человека на центральном посту [8, 9].

Периферийные посты отвечают за получение изображения интересующего оператора сектора пространства. Каждый из этих постов представляет собой видеокамеру, закрепленную на поворотном устройстве, позволяющем поворачивать ее на 360 градусов в горизонтальной плоскости и на 180 градусов в вертикальной (рис. 2). Сигнал с выхода видеокамеры передается на центральный пост. Оттуда, в свою очередь, производится управление поворотным устройством.

Центральный пост представляет собой компьютер, снабженный большим монитором (или несколькими), позволяющим одновременно отображать изображения со всех периферийных постов системы, и мощный процессор, обеспечивающий вычисление местоположения заинтересовавшего оператора

объекта в реальном времени.

Связь между постами осуществляется по радиоканалу. Самым простым на сегодняшний день является применение систем широкополосной связи семейства стандартов IEEE 802.11 (Wi-Fi).

Рассмотрим принцип работы описываемой системы [3, 10]. Как уже говорилось выше, в ее состав должно входить минимум два периферийных поста. При этом в состав каждого поста входит видеокамера, характеризующаяся углами обзора по горизонтали и по вертикали (обозначим их  $\alpha$  и  $\beta$  соответственно). Периферийные посты располагают таким образом, чтобы секторы выводимого ими изображения перекрывались (рис. 3).

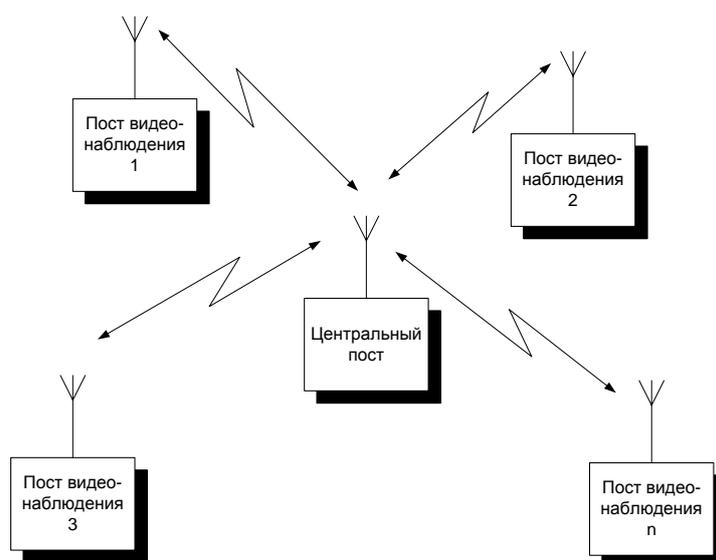


Рис. 1. Структурная схема системы

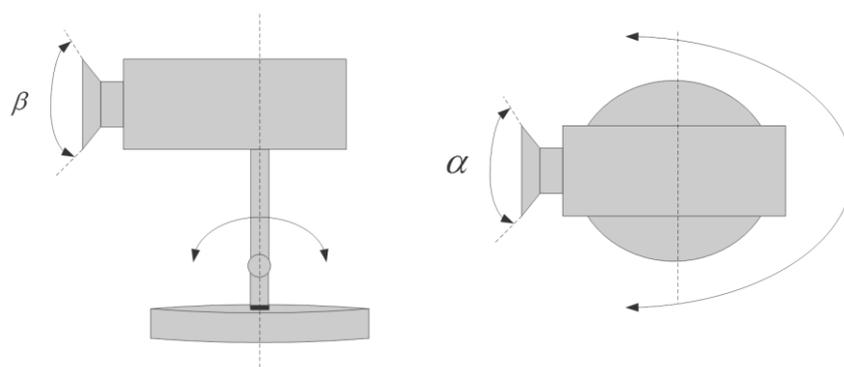


Рис. 2. Видеокамера на поворотном устройстве

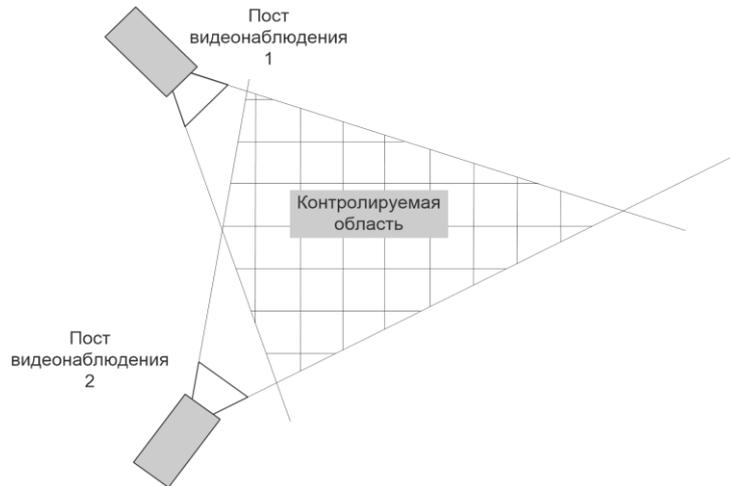


Рис. 3. Расположение периферийных постов

Если посты оборудованы поворотными устройствами, то за нулевое направление в горизонтальной плоскости принимают направление на север, а в вертикальной плоскости – за направление параллельное плоскости земли. Если же поворотные устройства отсутствуют, то расположение каждой камеры относительно этих нулевых

направлений в обязательном порядке фиксируется. Таким образом, в каждый момент времени видеосъемки известно, в какую сторону направлена видеокамера [10, 11]. Это позволяет определить направление на любой объект на передаваемом с периферийного поста изображении (рис. 4).

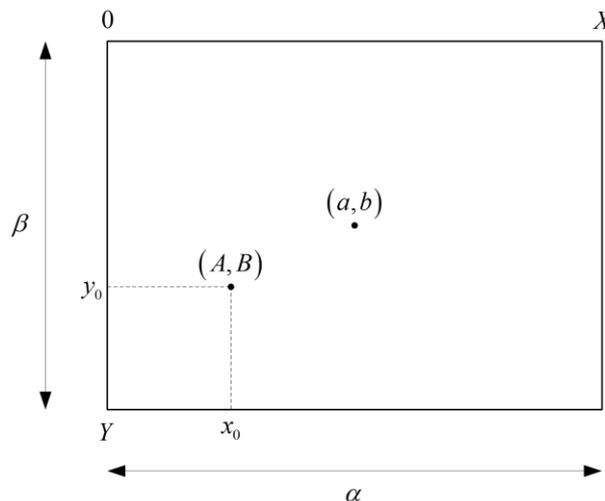


Рис. 4. Изображение с камеры видеонаблюдения

Расчет направления на объект производится по формулам:

$$\begin{aligned} A &= a - \frac{\alpha}{2} + \frac{x_0}{X} \cdot \alpha, \\ B &= b + \frac{\beta}{2} - \frac{y_0}{Y} \cdot \beta, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x_0$  и  $y_0$  – координаты центра объекта на передаваемом изображении;  $a$  и  $b$  – азимут и угол места направления центра видеокамеры поста;  $X$  и  $Y$  – размеры передаваемого с поста изображения по горизонтали и вертикали соответственно;  $A$  и  $B$  – азимут и угол места направления на объект соот-

ветственно.

По сути, рассчитанное направление на наблюдаемый объект является его пеленгом в трехмерном пространстве. Задача же расчета местоположения объекта и его высоты по двум или более пеленгам на него от станций с известными координатами широко известна в радиолокации и навигации. Существует множество описаний решений подобных задач методом триангуляции, как на плоскости, так и на сфере [3-7, 12-14].

### Библиографический список

1. Герасименко В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных кн. 1 / М.: Энергоатомиздат. 1994. 400 с.
2. Галатенко В.А. Информационная безопасность / М.: Финансы и статистика. 1997. 158с.
3. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Локализация объектов в распределенной системе видеонаблюдения // Информация и безопасность. 2010. Т. 13. № 4. С. 583-586.
4. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Система видеонаблюдения и локализация природных объектов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 12. С. 107-109.
5. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Автоматизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок // Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.
6. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Анализ статистики столкновений воздушных судов с птицами за 2002-2012 годы и современные средства обеспечения орнитологической безопасности полётов // Гелиогеофизические исследования. 2014. № 9. С. 65-77.
7. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Локализация объектов в автоматизированной си-

стеме видеонаблюдения // Информация и безопасность. 2011. Т. 14. № 4. С. 583-586.

8. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.

9. Неижмак А.Н., Звягинцева А.В., Расторгуев И.П. Распознавание опасных метеорологических явлений конвективного происхождения в интересах управления авиацией // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 10. С. 135-139.

10. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Регулирование технологического риска посредством оптимизации программы технического обслуживания оборудования // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 76-78.

11. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.

12. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.

13. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Построение модели регулирования качества окружающей среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 27-29.

14. Емельяненко А.Р., Звягинцева А.В., Федянин В.И. Построение автоматизированной информационной системы оперативного предупреждения // Информация и безопасность. 2008. Т. 11. № 3. С. 361-368.

### Информация об авторах

**Кульнева Вioлетта Владимировна** - инженер, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), тел.: 8-908-148-9713

**Лохмачев Валентин Игоревич** – курсант, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, (394064, г. Воронеж, улица Старых Большевиков, 54а), тел.: 8-473- 244-7613

**Парфенов Никита Анатольевич** – курсант, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, (394064, г. Воронеж, улица Старых Большевиков, 54а), тел.: 8-915-582-7304

### Information about the authors

**Violetta V. Kulneva**, engineer, Voronezh State Technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), ph: 8-908-148-9713

**Valentin I. Lokhmachev**, cadet, Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, (54a Old Bolsheviks Street, Voronezh, 394064), ph.: 8-473- 244-7613

**Nikita A. Parfenov**, cadet, Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin Air Force Academy, (54a Old Bolsheviks Street, Voronezh, 394064), ph.: 8-915-582-7304

УДК629.76

## УТРО КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ. К 60-ЛЕТИЮ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА ЮРИЯ ГАГАРИНА

А.Л. Дмитриев

*Российский государственный гидрометеорологический университет*

**Аннотация:** приводится история создания и технические характеристики баллистической ракеты Р-7 и космического корабля «Восток», подготовка первых космических полетов в Советском Союзе и в США, реакция на полет Ю.А. Гагарина мировой общественности

**Ключевые слова:** космос, орбита, ракета, космический аппарат, тормозной импульс, температура поверхности

## THE MORNING OF THE SPACE AGE. TO THE 60-th ANNIVERSARY OF THE SPACE FLIGHT OF YURI GAGARIN

A.L. Dmitriev

*Russian State Hydrometeorological University*

**Abstract:** the history of the creation and technical characteristics of the P-7 ballistic missile and the Vostok spacecraft, the preparation of the first space flights in the Soviet Union and the United States, and the reaction to the flight of Yu.A. Gagarin to the world community are given

**Keywords:** space, orbit, rocket, spacecraft, braking pulse, surface temperature

Полет в космос Гагарина, безусловно, явился событием, которое поразило весь мир. Еще совсем недавно такой полет считался бы переходом за грань возможного.

Легендарный первый полёт человека в космос, осуществлённый 12 апреля 1961 года - великое событие не только для СССР и его правопреемницы России, но и для всего мира. В этом раунде космической гонки СССР безоговорочно выиграл у своего главного конкурента - США. Но как осуществлялась подготовка и сам полёт? Всё это, безусловно, по-прежнему вызывает интерес у многих людей.

Прошло 60 лет с момента исторического полета Юрия Гагарина. За 60 лет в развитии космонавтики произошли огромные изменения. В космосе побывало уже около шестисот человек. Небывалое развитие получила техника пилотирования. Были созданы орбитальные станции («Салют», «Мир» - в Советском Союзе, «Скайлеб» - в США, «Тяньгун» - в Китае) с долговременным пребыванием на них космических экспедиций. Впервые человек ступил на поверхность Луны, были разработаны многоразо-

вые космические системы «Спейс Шаттл» и «Энергия – Буран» и многое другое. Это сейчас мы привыкли к тому, что регулярно, как само собой разумеющееся, отправляются экспедиции для работы на международной космической станции. А первый полет Человека в космос по-прежнему волнует как потрясающее событие 20 века. Объяснить это можно тем, что до этого подобное явление считалось на грани возможного и рассматривалось лишь в фантастических произведениях.

Но осуществление этого события стало реальным в первую очередь благодаря конструкторскому гению С.П. Королева, создавшего ракету Р-7, и главному конструктору жидкостных ракетных двигателей РД-107 и РД-108 В.П. Глушко [1].

Это потребовало решения широкого круга проблемных задач, была доказана принципиальная возможность создания составных баллистических ракет, работающих на компонентах топлива «жидкий кислород – керосин Т-1», с полезным грузом 3-5 т.

Был проведен детальный выбор схемы ракеты, ее оптимальных параметров, числа ступеней, начальной массы (270 т), тяги дви-

гателей (суммарная тяга двигателей РД-107 и РД-108 на земле около 410 т) и других характеристик. Принятая конструктивно-компоновочная схема сохранилась как классическая схема целого семейства ракет, обычно именуемых Р-7, или «семерка». В 1957 г. были проведены летные испытания межконтинентальной баллистической ракеты (МБР) с дальностью 8 тыс. км, а 4 октября 1957 г. ракета Р-7 вывела на орбиту первый в мире спутник Земли ПС-1 массой 83,6 кг. [2-5].

После запуска первого искусственного спутника Земли (ИСЗ) стало ясно, что не за горами день отправки в космос человека. Но для этого еще необходимо было решить ряд совершенно новых для науки и космонавтики задач. Например, конструирование и построение летательных аппаратов, не только полностью обеспечивающих безопасность космонавта на всех этапах полета, но и создающих необходимые условия для его жизни и работы; разработка целого комплекса специальных тренировок для будущих космонавтов [6].

Несмотря на всю сложность этой грандиозной проблемы, советская наука и техника блестяще справилась с ее решением. На основании экспериментальных и теоретических проработок были сделаны следующие выводы и рекомендации [3]:

1. С помощью доработанной ракеты Р-7 (с установкой блока 3-й ступни) на орбиту ИСЗ можно вывести космический аппарат массой 4500–5500 кг, придав ему необходимую скорость (примерно 28260 км/ч), в котором можно поместить человека и научное оборудование.

2. Для первых полетов целесообразно выбрать круговую орбиту с минимально допустимой высотой 250 км и баллистическую схему спуска с орбиты, обеспечивающие реализацию полета в наиболее сжатые сроки.

3. Поскольку при спуске космического аппарата с орбиты температура его поверхности достигает 2500–3500 °С, потребуется тепловая защита, масса которой может составить 1300–1500 кг.

4. Для схода с орбиты величина тормозного импульса должна быть 65000–85000 кгс, а оптимальная форма спускаемого аппарата (СА) сферическая; надежное приземление пилота обеспечивается программным катапультированием его на высоте 8–10 км.

5. Для первых полетов в космос человек во время полета может находиться в СА, то есть не нужна вторая орбитальная кабина.

6. Космический аппарат должен иметь систему управления и ориентации, при этом в качестве исполнительных органов управления можно использовать вращающиеся массы и реактивные силы (сжатый газ, воздух).

7. Необходимы система контроля орбиты и выдачи команд с наземных пунктов управления, а также двухсторонняя радиотелефонная связь.

8. Оборудование для орбитального полета и тормозную двигательную установку (ТДУ) целесообразно разместить в отдельном отсеке.

9. Для обеспечения надежности необходимо провести экспериментальную отработку систем космического аппарата в стендовых условиях, систем катапультирования и приземления и много других задач, в т.ч. испытаний полетов с животными.

Большое внимание уделялось функциональному дублированию в части катапультирования пилота и приземлению его в СА [6].

Далее системе обеспечения жизнедеятельности в кабине и в скафандре; ориентации по инфракрасной вертикали и ручной ориентации.

Процессу ввода парашюта по сигналам от барометрических и инерционных датчиков; разделению отсеков космического аппарата по команде от программно-временного устройства и от термодатчиков [7, 8].

Из-за массовых и компоновочных ограничений осталась не задублированной лишь тормозная двигательная установка. Здесь было найдено следующее решение: использовать в качестве резервного средства спуска естественное торможение корабля

земной атмосферой. Гарантированное время существования на орбите не менее двух и не более десяти суток обеспечивались выбором эллиптической орбиты с низким перигеем и достаточно высоким апогеем.

Осенью 1958 г. началась разработка конструкторской документации на корпусные детали и конструкцию отсеков корабля-спутника, а также выдача технических заданий (ТЗ) на бортовые системы.

Эскизным проектом перед космическим кораблем ставилась пока только одна задача – обеспечить многочасовой полет человека в космическом пространстве по орбите спутника Земли и безопасное возвращение его на Землю. Для будущего космонавта не предусматривалось заданий научного, прикладного или военного характера. Только бы слетал и остался жив. Первый корабль имел все необходимые системы для этой задачи.

Кроме систем автоматической и ручной для гарантированного возвращения была предусмотрена и «баллистическая» система. На тот случай, если откажет тормозной двигатель, орбита выбиралась такой низкой, чтобы за счет аэродинамического торможения в верхней атмосфере постепенно снижалась скорость. И не более чем через пять-семь суток корабль должен был войти в плотные слои атмосферы и далее по программе – спуск и приземление или приводнение (по теории вероятностей, скорее всего в океане) [3].

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 22 мая 1959 г. № 569–264 была поставлена задача по разработке экспериментального варианта корабля-спутника, который должен создать предпосылки для разработки спутника-разведчика и спутника для полета человека («Восток-1»). В нем же были утверждены и основные исполнители:

– ОКБ-1 (С.П. Королев) – головной исполнитель по кораблю: конструкция корабля, система ориентации, система управления на участке работы ТДУ, система терморегулирования, система аварийного спасения, сборка и комплексные испытания на заводе и технической позиции;

– ОКБ-2 (А.М. Исаев) – ТДУ тягой 1600 кгс.

Всего в создании только корабля-спутника участвовало 123 организации, включая 36 заводов. Программа запусков беспилотных спутников еще не закончилась, а ажиотаж вокруг полета человека разгорался. Американцы еще в декабре 1960 г. объявили, что Алан Шепард совершит «прыжок в космос» (т.н. суборбитальный полет) весной 1961 г. Летные испытания ракеты-носителя «Атлас» были начаты 11 июня 1957 г. – почти одновременно с нашей «семеркой». Однако расчетной дальности она достигла только на одиннадцатом пуске 28 августа 1958 г. После ряда модернизаций ракета имела возможность вывести на орбиту полезный груз массой до 1300 кг. Это позволило американцам проектировать пилотируемую капсулу «Меркурий» и планировать полет человека на 1961 г.

Уступить приоритет американцам в запуске человека – об этом после всех наших космических побед нельзя было и думать.

11 октября 1960 г. Хрущев подписывает постановление, в котором создание пилотируемого космического корабля «Восток» объявляется задачей особой важности.

21 февраля 1961 г. – у американцев новое успешное испытание, теперь уже на штатном ракетоносителе «Атлас». Но NASA решило подстраховаться и на 24 марта 1961 г. назначило внеплановый беспилотный полет. Но его пришлось отложить.

Королев очень торопился, так как по полученным разведанным полет А. Шепарда должен состояться 20 апреля. Поэтому было решено старт нашего космонавта, назначить между 11 и 17 апреля. Конечно, это был риск. Ведь подготовка к полету велась в спешке. Менее чем за год из проведенных семи экспериментальных пусков – только три прошли с благополучным исходом, в том числе – последних два 9 и 25 марта 1961 г., всего за 2,5 недели до намеченного пилотируемого полета.

Даже члены государственной комиссии, которые выбирали первого космонавта,

были в большинстве своем уверены (хотя и не сознавались в этом), что выбирают «смертника».

Именно из-за отсутствия, каких либо ясных прогнозов по результатам полета было подготовлено сразу три экстренных сообщения ТАСС о полете Гагарина:

- первое – «Успешное»;
- второе на случай, если он окажется на территории другой страны или в мировом океане – «Обращение к правительствам других стран» с просьбой помощи в поиске;
- третье – «Трагическое», если Гагарин не вернется живым.

Да и сам Гагарин прекрасно понимал, что рискует. За два дня до исторического полета он написал прощальное письмо жене и дочерям, которое было передано им после его гибели в марте 1968 г.

И здесь в полной мере проявился характер С.П. Королева: в его уверенности в благополучном исходе полета и в его решительности не бояться брать на себя всю ответственность за происходящее. Не бояться брать на себя ответственность, проявилось С.П. Королевым на одном из совещаний, когда ученые и конструктора не могли решить вопрос о поверхности Луны при посадке автоматическая станция «Луна-9».

Бесконечным и бесплодным спорам на этот счет положил конец сам Королев в свойственной ему решительной манере: он пододвинул блокнот и категорично написал: «Луна твердая. С. Королев». И, поставив дату, расписался, вручив листок с «резюльцией» своему оппоненту.

Старт корабля «Восток-1» был произведен в 09:07 12 апреля 1961 г. по московскому времени с космодрома Байконур. Выполнив один оборот вокруг Земли в 10:55:34 на 108 минуте, корабль завершил плановый полет. Но не обошлось без нештатных ситуаций, каждая из которых могла стоить жизни космонавта.

При выведении корабля на орбиту включение двигателя прошло по запасному варианту с запозданием на полсекунды и превышением расчетной скорости на 22 м/с.

В результате, когда закончила работу третья ступень, корабль оказался на нерасчетной орбите с апогеем (высшая точка орбиты) на высоте 327 км (примерно на 85 км выше, чем планировалось). Теперь, если бы при сходе корабля с орбиты отказала тормозная двигательная установка, космонавту пришлось бы суток семь ждать момента, когда за счет торможения об атмосферу «Восток» пойдет на посадку. При запасах кислорода на пять суток это было равносильно гибели. Но впервые минуты полета об этом не хотелось думать, и все уповали на штатную работу тормозного двигателя.

Большое опасение вызывало обеспечение ориентации космического корабля, являющейся непременным условием выдачи тормозного импульса для спуска его с орбиты. В данном случае ориентация корабля прошла нормально, тормозной двигатель, как и положено, сработал на 67-й минуте орбитального полета, и «Восток» с Гагариным начал спуск.

Однако и здесь не обошлось без неприятных сюрпризов: тормозная двигательная установка не выдала полный импульс из-за потери части топлива. Двигатель отключился по предельному времени работы (44 секунды), но орбитальную скорость «Востока» удалось снизить лишь на 132 м/с вместо расчетных 136 м/с.

Корабль пошел на спуск по более пологой траектории. В результате этого космонавт «перелетел» на 260 километров расчетный район посадки, приземлился в Саратовской области, в 90 километрах от города Энгельса.

Также не по плану пошли и последующие операции. После срабатывания ТДУ в 10 часов 25 минут 37 секунд должно было произойти разделение спускаемого аппарата и приборного отсека. Разделения не было, потому что при неполной выдаче тормозного импульса оно блокировалось системой управления: разделение допустимо, когда есть гарантии скорого входа в атмосферу, если же есть риск остаться на орбите, отделять приборный отсек с его мощными аккумуляторами.

муляторами и системой ориентации равносильно гибели. Поэтому спускаемый аппарат с космонавтом входил в атмосферу в связке с приборным отсеком.

Вот как вспоминал об этом Ю.А. Гагарин: - Прошло минуты две, а разделения нет. Доложил по КВ-каналу, что ТДУ сработала нормально. Прикинул, что все-таки сяду нормально, так как тысяч шесть есть до Советского Союза, да Советский Союз тысяч восемь километров, значит, до Дальнего Востока где-нибудь сяду. Это говорит о его колоссальном мужестве и психологической выдержке.

Лишь через 10 минут после торможения, на высоте около 110 км, в результате нагрева до 150 градусов Цельсия от трения об атмосферу сработали термодатчики резервной системы разделения, и была разблокирована команда на отделение приборного отсека. Спускаемый аппарат начал самостоятельный спуск. На высоте 7 километров при спуске на парашюте Гагарин должен был открыть клапан дыхания — его скафандр не был снабжен запасом кислорода в баллонах. Вот только шарик клапана оказался затянут оболочкой скафандра. В докладе потом Юрий Алексеевич рассказывал, что потратил, около шести минут: «потом расстегнули демаскирующую оболочку и с помощью зеркала вытащил тросик и открыл клапан нормально». А если бы открыть клапан не удалось? [9].

В целом, первый полет человека в космос прошел по плану — благодаря техническому гению Королева и его команды, и мужеству Гагарина. Все недочеты и непредвиденные случайности были учтены при подготовке следующих полетов. А в этот день все счастливо закончилось в столь длинной многозвенной цепочке вероятностей.

Сообщение о полете Юрия Гагарина вызвало взрыв радости в Советской стране, искренний и стихийный. Люди выходили на улицы с самодельными плакатами, в которых выражался неподдельный восторг по поводу этого события. Эти чувства разделяли люди разных возрастов и разных профес-

сий. Вице-президент Академии наук СССР академик М. Лаврентьев писал в «Правде»: "Первый полет человека в космос есть не только победа смелого советского летчика и коллективов инженеров, ученых, рабочих, создавших замечательный космический корабль. Это также крупнейшая победа социалистической системы.....». Скульптор Е. Вучетич писал: «Двадцатый век - это век нашей Родины, век ее славы и гордости!... Мы первыми на Земле штурмовали старый мир и добились победы, открыв людям дорогу к счастью и новой жизни. Мы первыми в мире начали штурм космоса».

В Кремль шли поздравления от многих руководителей стран Запада. Премьер-министр Великобритании Гарольд Макмиллан, поздравляя Н.С. Хрущева «по случаю величайшего успеха ваших ученых, техников и астронавтов в осуществлении полета человека в космос», назвал происшедшее «историческим событием». Президент Франции Шарль де Голль писал, что «успех советских ученых и астронавтов делает честь Европе и человечеству».

Гагарин вернулся на Землю, которая стала другой после его полета. Это был лишь один из ударов по престижу США. Американцы считали себя нацией № 1 в мире технологий; утверждалось, что капитализм и модернизация идут рука об руку. Однако русские опровергли эту парадигму, чем произвели большое впечатление на нейтральные страны. Они первыми запустили искусственный спутник Земли, доставили на орбиту собаку и, наконец, человека.

В США полет Гагарина вызвал шоковое состояние. Многие в Вашингтоне, зная о мощи ракетносителей СССР, предлагали вообще отменить программу и не отправлять человека в космос. Однако президент Кеннеди считал, что американская нация еще не готова сдаться. Он отказался подписывать документ о завершении космической программы. Кеннеди хотел превратить США в космическую державу. В своем поздравлении, которое он направил Хрущеву, Кеннеди писал, что «народ Соединенных Штатов раз-

деляет удовлетворение народа Советского Союза в связи с благополучным полетом астронавта, представляющим собой первое проникновение человека в космос. Мы поздравляем Вас и советских ученых и инженеров, сделавших это достижение возможным...». На своей пресс-конференции 12 апреля президент США признал: «Советский Союз добился важного преимущества, создав мощные бустеры, способные поднять большой вес... Но мы отстали».

Это событие было в центре внимания многих газет мира. В центральной газете КПК «Женьминьжибао» была опубликована статья «Началась новая эра завоевания космоса человеком». В ней, в частности, говорилось: «Поразительные темпы прогресса, блестящие достижения советской науки и техники вселяют в сердца миллионов людей земного шара величайшую радость и вдохновение. Первый в мире спутник Земли, первая ракета на Луне, первая ракета на пути к Венере, первый космический корабль-спутник были построены и успешно запущены советскими людьми. А теперь первый человек – советский гражданин, находившийся на борту космического корабля, с триумфом вернулся из полета во Вселенной».

Западногерманская газета «Штутгартер цайтунг» писала: «Первый раунд в соревновании за проникновение в космос, вне всяких сомнений, выиграли русские благодаря их великолепному достижению 12 апреля».

Однако не все в США были готовы признать поражение. Некоторые же американцы отрицали сам факт полета Гагарина.

В эти дни, выполняя указания президента США Дж. Кеннеди, американская космическая индустрия прилагала лихорадочные усилия, чтобы догнать СССР или хотя бы ослабить эффект от полета Юрия Гагарина. Не прошло и месяца после возвращения Гагарина на Землю, как 5 мая 1961 г. в США был произведен намеченный на апрель суборбитальный полет. Пилот А. Шепард, находившийся в капсуле «Фридом-7», был поднят ракетой с мыса Канаверал на высоту 185 км и пролетел 556 км, приводившись в Ат-

лантическом океане. Преувеличивая значение этого события, американцы объявили его своим «первым космическим полетом» [10].

Через два месяца с лишним 21 июля американцы повторили суборбитальный полет с пилотом В. Гриссом. Лишь через несколько месяцев после суточного полета Германа Титова в США состоялся запуск космического корабля «Френдшип-7» с астронавтом Дж. Гленном на борту, который откладывался десять раз в течение двух месяцев. Полет, в котором Гленн сделал три витка вокруг Земли, состоялся лишь 20 февраля 1962 г. Несмотря на этот полет, вера в научно-техническое всевидение США в мире существенно ослабела, а престиж СССР заметно вырос.

Но для многих людей мира Гагарин стал олицетворением Советской страны. Социализм обрел еще одно яркое человеческое лицо, и это было лицо первого космонавта СССР – Юрия Алексеевича Гагарина.

И все же как понять, что страна, едва оправившись от страшной разрушительной войны, нашла в себе силы и средства, чтобы в короткий срок не только восстановить промышленность, разрушенные города, сельское хозяйство, но всего за каких-то несколько лет создать атомное и термоядерное оружие, построить первую в мире атомную станцию, начать производство реактивных лайнеров (ТУ-104), построить автомобильный завод в г. Горьком и начать выпуск легковых автомобилей, ликвидировать карточную систему на продукты питания и еще многое другое.

Что касается ракетной техники, то в первую очередь поражают темпы ее развития. От создания ракеты Р-1 с дальностью полета 270 км, принятой на вооружение в 1950 году, до МБР Р-7 с дальностью полета 8 тыс. км прошло всего 7 лет. От создания первых отечественных жидкостных ракетных двигателей РД-100 тягой 26 тс в 1948 г. - до РД-107 и РД-108 тягой около 80 тс (на Земле) в 1956 г. Надежность и удачность конструкции ракеты Р-7 позволили создать на ее основе целое семейство ракет-

носителей. Трудно переоценить вклад «семерки», но еще труднее представить дар предвидения С.П. Королева, заложившего на многие десятилетия фундамент для отечественной космонавтики. Всего с 1957 г. запущено около 2000 ракет, базирующихся на конструкции Р-7, из которых более 97 % – успешно. Когда зарубежные ученые получили возможность ознакомиться с принципами управления «Востоками», они восхитились их простотой и надежностью по сравнению с первыми американскими пилотируемыми аппаратами «Меркурий».

Анализируя наши успехи, как теперь принято говорить, в области инновационных разработок, можно отметить следующие:

- высокий интеллектуальный потенциал исполнителей и участников соответствующих технических проектов;
- концентрация ресурсов на ключевых направлениях деятельности, строгий финансовый контроль;
- энтузиазм, который царил в обществе, стремление выполнить поставленную задачу, не считаясь с личным временем;
- престиж в обществе работников науки;
- профессионализм в управленческой деятельности.

Даже после создания в СССР атомной и водородной бомбы на Западе не верили тому, что эти достижения советской оборонной промышленности были результатом, прежде всего, усилий наших ученых, техников, рабочих. Тогда-то в США справедливо решили, что значительную роль в советском успехе сыграла система образования.

Американский астронавт Алан Шепард как-то признался: — Я надеялся обязательно взять реванш, а потому и вошел в группу астронавтов, которые осуществили полеты на Луну. Мне посчастливилось быть там последним. К сожалению, Гагарина уже не было в живых, и он не узнал о том, что я стал командиром последнего лунного корабля. Впрочем, можно ли это назвать «реваншем»? Нет, конечно. Гагарин в истории цивилизации навсегда остается «Первым». О

нас, возможно, забудут — о нем никогда! [11].

«Он всех нас позвал в космос!» Так сказал о Гагарине и первый человек, облетевший Луну на «Аполлоне-8» Фрэнк Борман, и первый человек, ступивший на Луну, Нейл Армстронг. Оказывается, эта фраза своеобразный девиз американских астронавтов. Действительно, Юрий Гагарин не только «позвал», в космос, но и «проложил туда первую тропу»....[8].

Космический мир сегодня – это не только полёты за пределы Солнечной системы, освоение Луны и Марса, но и 5 тыс. спутников Земли, несущих свои вахты на околоземных орбитах, чтобы предсказывать погоду, осуществлять связь между континентами, наблюдать за лесными пожарами и страховать цивилизацию от уничтожения, помогая избежать всемирной ядерной катастрофы. Такова наша эпоха. И мы должны всегда помнить, что её начало положил простой паренёк из Смоленщины – наш Юрий Гагарин.

#### Библиографический список

1. Путь в ракетной технике / под ред. Б.И. Каторгина. М.: Машиностроение. 2004.
2. Система отображения информации космических кораблей «Восток», «Восход» / Ю.А. Тяпченко. 2006
3. Бродский З.Ф., Климук П.И., Локтев А.Л. и др. Ракетно-космическая эпоха/ М. 2000.
4. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Кн. 1-3/ М.: Машиностроение. 1999.
5. Советская космонавтика /М.: Машиностроение. 1981.
6. Неижмак А.Н., Звягинцева А.В., Расторгуев И.П. Распознавание опасных метеорологических явлений конвективного происхождения в интересах управления авиацией // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 10. С. 135-139.
7. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Автоматизированная информационная система контроля параметров безопасности тепловых энергоустановок //Информация и безопасность. 2009. Т. 12. № 4. С. 585-592.
8. Авдюшина А.Е., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированного рабочего места по

контролю параметров безопасности тепловых энергоустановок // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 180-184.

9. Какие нештатные ситуации произошли во время полёта // [Электронный ресурс] URL: <https://russian7.ru/post/kakie-neshtatnye-situaciv/>

#### Информация об авторе

Дмитриев Алексей Леонидович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, Российский государственный метеорологический университет (195196, Россия, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский проспект, дом 98), e-mail: alldmitriev@yandex.ru

10. Уманский С.П. Ракеты-носители. Космодромы / Под ред. Ю.Н. Коптева. М.: «Рестарт». 2001.

11. Он всех нас позвал в космос.. // [Электронный ресурс] URL: <https://ruhm80.livejournal.com/299369.html>

#### Information about the author

Alexey L. Dmitriev, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Russian State Meteorological University (195196, Russia, St. Petersburg, Malookhtinsky Prospekt, 98), e-mail: alldmitriev@yandex.ru

УДК 504.3.054; 661.852

## ОЦЕНКА ЭМИССИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ПОВЕРХНОСТИ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

М.М. Ялалова, А.И. Сердюк

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры*

**Аннотация:** приведены результаты оценки зависимости эмиссии вредных веществ с зеркала борфтористоводородного электролита при утилизации автомобильных аккумуляторов от состава электролита при 40 °С. Показано, что в основном в выбросах типовых электролитов на основе тетрафтороборной кислоты преобладают фториды (84-99 %). Выбросы свинца составляют всего лишь (1-16) % от общих выбросов в атмосферу. Полученные результаты исследований могут быть использованы для разработки новых менее токсичных электролитов для переработки свинцово-кислых батарей при сохранении высоких эксплуатационных качеств

**Ключевые слова:** эмиссия, фториды, свинец, электролит, утилизация, свинцово-кислотный аккумулятор

## ASSESSMENT OF EMISSIONS OF POLLUTANTS FROM THE SURFACE OF FLUORINE-CONTAINING ELECTROLYTES IN THE DISPOSAL OF AUTOMOTIVE BATTERIES

М.М. Yalalova, A.I. Serdyuk

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*

**Abstract:** the results of the estimation of the dependence of emission of harmful substances from the borofluoride hydrochloride mirror when the car batteries are disposed of the composition of the electrolyte at 40 °C are given. It is shown that fluorides predominate in emissions of typical electrolytes based on tetrafluoroboric acid (84-99 %). Emissions of lead are only (1-16 %) of total emissions to the atmosphere. The obtained research results can be used to develop new less toxic electrolytes for the processing of lead-acid batteries while maintaining high performance

**Keywords:** emission, fluorides, lead, electrolyte, utilization, lead-acid battery

Одной из важнейших отраслей городского хозяйства является автомобильный транспорт.

Автомобильные аккумуляторы, которые используются в настоящий период развития автомобильной индустрии, в основном выпускаются в виде кислотно-свинцовых батарей. Рано или поздно эти батареи выхо-

дят из строя за 3-5 лет [1-9]. Поэтому их необходимо утилизировать на специально оборудованных предприятиях и заводах для электролитического выделения свинца и сохранения окружающей природной среды [9, 10].

В настоящее время наиболее перспективными по сравнению с пирометаллургическими методами являются технологии электрохимических процессов, основанные на

химическом либо электрохимическом растворении свинец содержащих компонентов аккумуляторов (пластин, шлама) [2]. Электрохимические процессы, лежащие в основе явления электролиза, неплохо сочетаются с другими операциями [11].

При этом затрачивается меньшее количество энергии, образуется мало опасных отходов, органическая фракция в полном объеме выводится из процессов передела, в роли окислителя и восстановителя выступает электрический ток и, поэтому, исключается необходимость введения дополнительных реагентов, а также полностью удалены выбросы диоксида серы. Кажущаяся дороговизна предлагаемого метода компенсируется снижением затрат на сборы за загрязнение окружающей среды свинцом и диоксидом серы [11, 12].

Электролизом рафинируют около 20 % производимого в мире свинца [12]. Особенно широко используют при переработке аккумуляторов заводы Японии, Италии и Канады [3].

Очень важным при электролитическом рафинировании свинца является выбор состава электролита. В настоящее время для этих целей, в основном, применяются борфтористоводородные электролиты [4].

В работе были рассмотрены электролиты на основе тетрафтороборной кислоты, главными преимуществами которых являются лучшие эксплуатационные характеристики:

- большая растворимость солей осаждающихся металлов (в том числе и свинца);
- высокая устойчивость растворов;
- плотная мелкокристаллическая структура осадков при высоких плотностях тока значительно превосходящих обычные электролиты (например, при осаждении в сернокислых электролитах);
- более высокая рассеивающая способность.

Повышение температуры электролита способствует интенсификации процесса электроосаждения металлов, появляется возможность работать при более высоких плотностях тока и с большей скоростью вы-

деления свинца из электролита.

Цель работы - исследование эмиссии вредных веществ с поверхности электролита при утилизации автомобильных аккумуляторов в зависимости от состава электролита при 40 °С.

Для определения фторидов с зеркала электролита проводили анализ с использованием ализаринкомплексона и лантана. Концентрация фторидов в выбросах определялась с применением фотоколориметрического метода на приборе КФК – 2 [5].

Метод определения выбросов свинца с поверхности электролита основан на взаимодействии ионов свинца с сульфарсазеном и фотометрическом определении окрашенных в желто - оранжевый цвет растворов [6].

Использовали электролиты, содержащие: 100 г/л свинца в виде  $Pb(BF_4)_2$ , 20–200 г/л свободной  $HBF_4$  и 30 г/л -  $H_3BO_3$ . Температура электролита равна 40 °С.

Для получения плотных гладких осадков в электролит добавляли столярный клей 0,5–1,0 г/л. В качестве анода использовали специально обработанную десульфитированную ячейку отработанного аккумулятора [1]. Катодом служила свинцовая пластинка. Катодная плотность тока составляла 100 А/м<sup>2</sup>. Выход по току равен 95–97 %.

Данные измерений удельного количества фторидов в зависимости от концентрации борфтористоводородной кислоты, выделяющейся с поверхности электролита, представлены в табл. 1.

Рассмотрели по методу наименьших квадратов (МНК) зависимость выбросов фторидов ( $V_{уд F1}$ ) от концентрации борфтористоводородной кислоты ( $C_{HBF_4}$ ) в электролите, которая описывается следующим уравнением:

$$V_{удF1} = 0,052 \times C_{HBF_4} \quad (1)$$

где  $C_{HBF_4}$  – концентрация борфтористоводородной кислоты в электролите (по фтору), г/л.

Аналогичная зависимость получена при других постоянных концентрациях соли свинца в выше приведенном электролите равных 40, 80, 150 и 200 г/л.

Таблица 1  
Зависимость удельного количества фторидов ( $V_{уд F1}$ ) от концентрации борфтористоводородной кислоты ( $C_{HBF_4}$ ) в электролите при 40 °С

$C_{HBF_4}$ , г/л	0	30	60	100	150	200
$V_{уд F1}$ , г/(ч·м <sup>2</sup> )	0	1,1	3,4	5,1	8,0	9,5

Измеряли количество выбросов фторидов с поверхности электролита при постоянной концентрации  $HBF_4$ , равной 45 г/л и переменной концентрации  $Pb(BF_4)_2$  от 20 до 200 г/л. Температура электролита – 40 °С. В качестве анода использовали специально обработанную ячейку отработанного аккумулятора. Катодом служила свинцовая пластин-

ка. Катодная плотность тока составляла 100 А/м<sup>2</sup>.

Результаты измерения количества фторидов, выделяющихся с зеркала электролитов с разным содержанием соли свинца в них при одинаковой катодной плотности тока представлены в табл. 2.

Таблица 2  
Удельное количество фторидов ( $V_{уд F}$ ) и свинца ( $V_{уд Pb}$ ), выделяющихся с поверхности электролита, при разной концентрации соли свинца ( $C_{Pb(BF_4)_2}$ ) при 40°С

$C_{Pb(BF_4)_2}$ , г/л	0	40	70	100	130	200
$V_{уд F2}$ , г/(ч·м <sup>2</sup> )	0	0,057	0,13	0,15	0,25	0,43
$V_{уд Pb}$ , г/(ч·м <sup>2</sup> )	0	0,076	0,23	0,25	0,38	0,51

Используя МНК, аппроксимировали полученные данные линейной зависимостью выбросов фторидов ( $V_{уд F}$ ) и свинца ( $V_{уд Pb}$ ) при разной концентрации соли свинца ( $C_{Pb(BF_4)_2}$ ) в электролите, которая определяется уравнениями:

$$V_{уд F_2} = 0,0021 \times C_{Pb(BF_4)_2} \quad (2)$$

$$V_{уд Pb} = 0,0027 \times C_{Pb(BF_4)_2} \quad (3)$$

где  $C_{Pb(BF_4)_2}$  – концентрация соли свинца в

электролите (по свинцу), г/л.

Аналогичная зависимость получена при других постоянных концентрациях соли борфтористоводородной кислоты в выше приведенном электролите равных 20, 60, 150 и 200 г/л.

Суммарные удельные количества вредных выбросов фторидов и свинца с поверхности борфтористоводородного электролита ( $\sum V$ ) рассчитываются согласно формулы:

$$\sum V = V_{уд F1} + V_{уд O_2} + V_{уд Pb} = 0,052 \times C_{HBF_4} + 0,0021 \times C_{Pb(BF_4)_2} + 0,0027 \times C_{Pb(BF_4)_2} \quad (4)$$

Наличие в выбросах фторидов можно объяснить двумя факторами [9, 13]. Первый – испарение с поверхности электролита борфтористоводородной кислоты. Второй - выделение газовых пузырьков водорода и кислорода, как продуктов гидролиза воды, и унос ими всех составляющих электролита, то есть борфтористоводородной кислоты и ее свинцовой соли. При данных условиях эксперимента зрительно не замечено

выделение газовых пузырьков с поверхности электролита, так как данные плотности тока были меньше допустимых.

Поэтому можно предположить, что основная масса фторидов в выбросах обусловлена испарением с поверхности электролитов борфтористоводородной кислоты, которая захватывает в виде аэрозоля ее свинцовую соль.

Рассчитаем выбросы фторидов и свин-

ца (табл. 4) на примере двух типовых составов электролитов (табл. 3), которые используются при свинцевании, электрорафинировании свинца и переработки свинцово - кислотных аккумуляторов.

Из расчетов, приведенных в табл. 4, видно, что электролит № 1 приблизительно в 3 раза более токсичен по сравнению с электролитом № 2.

Таблица 3  
Составы электролитов и режимы работы электролиза

№ п/п	Компоненты электролитов и режимы их работы	Состав электролитов, г/л	
		1	2
1	Pb(BF <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	40	180-200
2	HBF <sub>4</sub>	180	40-45
3	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	30	
4	Столярный клей	0,5-1,0	
5	Температура, °С	40	
6	Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	1	
7	Скорость осаждения, мкм/мин	0,5-2,0	
8	Ссылка на источник описания	[7]	[8]

Таблица 4  
Удельные выбросы фторидов и свинца с зеркала электролитов

№ п/п	Состав выбросов	Удельный выброс, V <sub>уд</sub> , мг/(с·м <sup>2</sup> )	
		1	2
1	Фториды (F <sub>1</sub> )	9,36(99%)	2,08(84,6%)-2,34(84,8%)
2	Фториды(F <sub>2</sub> )	0,084(1%)	0,378(15,4%)-0,42(15,2%)
3	Фториды (ΣF)	9,44	2,458-2,76
4	Свинец	0,108	0,486-0,54
Сумма токсичных выбросов		9,548	2,944-3,3
Доля фторидов в выбросах, %		99	84

Технологии химических и электрохимических производств лежат в основе очистки сточных вод любого профиля [11-14]. Экологическая составляющая производств базируется на их использовании и прежде всего, способствует регулированию производственного процесса [15-17].

Таким образом, можно сказать, что в основном в выбросах двух электролитов преобладают фториды (84-99 %). Выбросы свинца составляют всего лишь (1-16) % от общих выбросов в атмосферу. Основным источником фторидов является борфтористоводородная кислота.

Варьируя состав электролита и условия электролиза, в данном случае температура, можно добиться минимальных выбросов фторидов и свинца в атмосферу с повышением скорости выделения свинца из раствора при переработке отработанных автомобильных свинцово-кислотных батарей. Преимуществом повышенной в допустимых пределах температуры состоит в том, что электролиз может протекать нормально при более высоких плотностях тока, так как подвижность ионов возрастает. Повышенная плотность тока уменьшает отрицательное

влияние высокой температуры на кристаллическую структуру катодного осадка.

### Библиографический список

1. Багоцкий, В.С., Скундин, А.М. Химические источники тока // М.: Энергоиздат. 1981. 360 с.
2. Тарасов, А.В., Бессер, А.Д., Мальцев, В.И., Сорокина, В.С. Металлургическая переработка вторичного свинцового сырья / Под ред. А.В. Тарасова. М.: Гинцветмет. 2003. 224 с.
3. Колосов, В.А. География мирового хозяйства: традиции, современность, перспективы / Под ред. В.А. Колосова, Н.А. Слуки. М.: Смоленск: Ойкумена. 2016. 400 с.
4. Иванова, Н.Д., Иванов, С.В., Болдырев, Е.И. Гальванотехника. Фторсодержащие электролиты и растворы / Справочник. Киев: «Наукова думка». 1993. 445 с.
5. ПНД Ф 13.1.45-03 Количественный химический анализ атмосферного воздуха и выбросов в атмосферу. Методика выполнения измерений массовой концентрации фтористого водорода в пробах промышленных выбросов фотометрическим методом. М.: ФГУ «ФЦАМ МПР России». 2003. 18 с.
6. МУ 2013-79 Методические указания на фотометрическое определение свинца и его соединений в воздухе. М.: Минздрав СССР. 1979. 25 с.
7. Грилихес, С.Я. Электролитические и химические покрытия. Теория и практика: учебн. / С.Я. Грилихес, К.И. Тихонов. Л.: Химия. Ленинградское отделение. 1990. 288 с.
8. Мельников, П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении. М.: Машиностроение, 1979. 296 с.
9. Звягинцева А.В., Чекашев К.В., Федянин В.И. Анализ техногенного загрязнения природной среды Воронежской области // Технологии гражданской безопасности. 2006. Т. 3. № 2 (10). С. 96-98.

10. Чабала Л.И., Звягинцева А.В., Чабала В.А. Экологическая безопасность человека // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 2. С. 100-102.

11. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Перспективы гальванохимических методов очистки техногенных вод // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 6. С. 28-30.

12. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н. Нейтрализация сточных вод гальванического цеха - одно из направлений обеспечения экологической безопасности // Машиностроитель. 2003. № 2. С. 48-52.

13. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Альтернативные технологии водоподготовки в условиях рыночной экономики и требований экологической безопасности // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 176-179.

14. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Комплексная очистка нефтесодержащих сточных вод // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 6. С. 61-62.

15. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В. Регулирование технологического риска посредством оптимизации программы технического обслуживания оборудования // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 12. С. 76-78.

16. Болдырева О.Н., Звягинцева А.В., Усов Ю.И. Целенаправленное управление экологической безопасностью производств // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10-1. С. 67-70.

17. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н., Усов Ю.И. Построение моделей управления экологическими параметрами технологических процессов // Инженер, технолог, рабочий. Москва, 2004. №12(48). С. 31-33.

### Информация об авторах

**Ялалова (Рипная) Маргарита Маратовна** – ассистент, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2), e-mail: tb@donnasa.ru

**Сердюк Александр Иванович** - доктор химических наук, профессор, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2), e-mail: tb@donnasa.ru

### Information about the authors

**Margarita M. Yalalova (Ripnaya)**, Assistant, Donbass National Academy of Construction and Architecture, (Donetsk People's Republic, Makeyevka, Derzhavina str., 2), e-mail: tb@donnasa.ru

**Alexander I. Serdyuk**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Donbass National Academy of Construction and Architecture (Donetsk People's Republic, Makeyevka, Derzhavina str., 2), e-mail: tb@donnasa.ru

## Правила оформления рукописей, направляемых в редакцию

1. Журнал публикует оригинальные статьи (объемом 3-7 страниц) по проблемам научных исследований и научно-технических разработок в области создания и применения современных информационных технологий и высокоэффективных систем управления в строительных, социальных, экономических и др. областях.

2. Рукописи статей рецензируются. Тематика предоставляемых статей должна соответствовать секции журнала (предполагаемая секция указывается авторами).

3. Статья предоставляется в виде одного файла формата MS Word-2007 или MS Word-2010, (.docx).

4. Статья должна содержать: индекс УДК; название, ключевые слова, инициалы и фамилии авторов; название организации, в которой выполнена работа, аннотацию (до 5 строк) – **все на русском и английском языках**; текст статьи; список литературы.

### **5. Количество соавторов в статье не должно превышать трех человек.**

6. В отдельном файле должны содержаться сведения (**на русском и английском языках**) об авторах и организации, в которой выполнена работа: фамилия, имя, отчество; ученая степень, ученое звание, почетные степени и звания, должность; место работы; почтовый адрес с указанием индекса; телефон с указанием кода города; электронный адрес; полное и сокращенное название организации, в которой выполнена работа.

7. При наборе текста должны использоваться только стандартные шрифты размера 12 пт - Times New Roman и Symbol. Одинарный интервал и отступом красной строки 1 см. Размер бумаги А4 (210\*297 мм), портретная ориентация. Поле: верхнее поле – 2 см, нижнее – 3 см, левое – 2,0 см, правое поле – 2,0 см.

8. Все иллюстрации сопровождаются подрисуночными подписями, включающими в себя номер, название иллюстрации и при необходимости - условные обозначения.

9. Формулы должны выполняться только во встроенном "Редакторе формул". Формулы необходимо набирать прямым шрифтом (основной размер символа 12 pt) и нумеровать справа в круглых скобках. **Размер формул не должен превышать 7,5 см.**

10. Литературные ссылки по тексту статьи необходимо указывать в квадратных скобках, нумерация литературы должна быть произведена в порядке упоминания.

### **11. Количество литературных источников не должно превышать 15 (пятнадцати) наименований.**

### **12. Не допускается «Альбомная» ориентация страницы в статье.**

13. Рукописи, в которых не соблюдены данные требования, не рассматриваются. Рукописи не возвращаются. Редакционная коллегия оставляет за собой право отклонять материалы рекламного характера.

Материалы предоставляются на E-Mail: [itcses@yandex.ru](mailto:itcses@yandex.ru)