

Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал
№ 01 (116)/2024 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1. Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

2. Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

3. Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

4. Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

5. Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

Васильева О.А., Родионова И.Н.

ЗАДАЧА С СОПРЯЖЕНИЕМ НА ПЛОСКОСТИ
СИЛЬНОГО ВРОЖДЕНИЯ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ
ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА В ПРОСТРАНСТВЕ R_33

Пурматов А.З., Аркабаев Н.К.

КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ МОДЕЛЬНОГО ПСЕВДО-
ПАРАБОЛО-ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ
ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ
.....7

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

Каримбаев Т.К.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСЕРВИСОВ ДЛЯ ГИБКОЙ
РАЗРАБОТКИ И ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
САЙТОВ.....12

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кузьмин Ю.И.

НАЧАЛЬНАЯ ДИССИПАЦИЯ И ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРКОЛЯЦИОННЫХ
СВЕРХПРОВОДНИКОВ.....18

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Василевский Н.С., Муңц В.А., Муңц Ю.Г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО
ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОТЛОЖЕНИЙ В ТРУБАХ С
ПОПЕРЕЧНО КОЛЬЦЕВЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ.23

Новиченко А.И.,

Некрасов С.И., Анисимов А.В.

ТЕНДЕНЦИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ29

Ледяйкина О.В.,

Ледяйкин Н.В., Мартынов А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ
УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ.....26

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА**ЗАДАЧА С СОПРЯЖЕНИЕМ НА ПЛОСКОСТИ СИЛЬНОГО ВЫРОЖДЕНИЯ РЕШЕНИЯ
УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА В ПРОСТРАНСТВЕ R_3** **Васильева О.А.***Самарский национальный исследовательский университет
им. Академика**С.П. Королева,**443086, г. Самара, Московское шоссе, 34***Родионова И.Н.***г. Самара***PROBLEM WITH CONJUGATION ON PLANE OF STRONG BIRTH OF SOLUTION OF
EQUATION OF THIRD ORDER IN SPACE R_3** **O.A. Vasilyeva***Samara National Research University,**34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia***I.N. Rodionova***Samara*DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.116.1950**АННОТАЦИЯ**

На множестве трехмерного евклидова пространства, представляющем собой призму, рассматривается двухпараметрический аналог уравнения Эйлера – Дарбу с параметрами равными единице, что говорит о сильном вырождении решения на плоскости сингулярности коэффициентов уравнения. Решена краевая задача с двумя граничными, одним внутренне краевым условием и нестандартными условиями сопряжения на внутренней плоскости сингулярности коэффициентов уравнения.

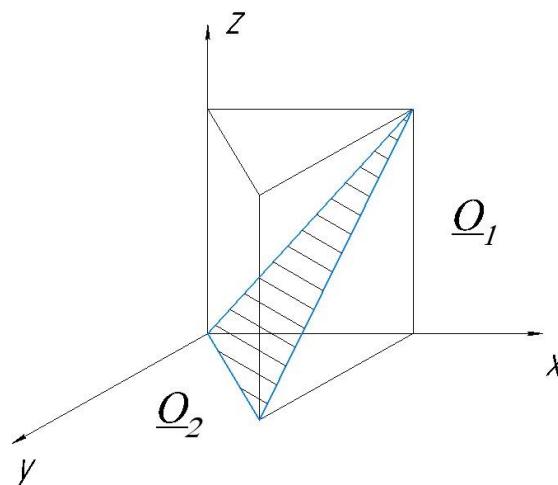
ABSTRACT

On the set of three-dimensional Euclidean space, which is a prism, a twoparameter analogue of the Euler-Darboux equation with parameters equal to unity is considered, which indicates a strong degeneration of the solution on the singularity plane of the coefficients of the equation. An edge problem is solved with two boundary, one internal edge condition and non-standard conjugation conditions on the internal singularity plane of the coefficients of the equation.

Ключевые слова: краевая задача, двухпараметрический аналог уравнения Эйлера – Дарбу, метод Римана.

Keywords: boundary value problem, two-parameter analogue of Euler-Darboux equation, Riemann method.

Уравнение $(x - y - z) \cdot u_{xyz} + u_{yz} - u_{xz} = 0$ (1) рассматривается на множестве, представляющем собой призму, ограниченную плоскостями $z = 0$, $z = h$, $y = x$, $y = 0$, $x = h$ ($h > 0$). Плоскость $z = x - y$ разделяет множество на две подобластями: Q_1 ($z < x - y$) и Q_2 ($z > x - y$). Обозначим $Q = Q_1 + Q_2$.



В силу того, что оба параметра пространственного аналога уравнения Эйлера – Дарбу (1) равен единице, имеет место случай сильного вырождения на плоскости $z = x - y$, т.е. когда не только

частные производные, но и само решение уравнения (1) обращается в бесконечность на плоскости $z = x - y$.

Методом Римана в каждой из областей \underline{Q}_1 и \underline{Q}_2 решена видоизменённая задача Коши с данными на плоскости $z = x - y$ (задача C^*). На базе задачи C^*

решается краевая задача на множестве \underline{Q} с условиями сопряжения на плоскости $z = x - y$.

Постановка задач.

Задача Δ_1^* . На множестве \underline{Q} найти решение уравнения (1) с данными:

$$u(h, y, z) = \varphi(y, z), (y, z) \in \overline{D}_1, D_1 = \{(y, z) | h - z < z < h, 0 < y < h\}, (2)$$

$$u(x, 0, z) = \chi(x, z), (x, z) \in \overline{D}_2, D_2 = \{(x, z) | 0 < z < x < h\}, (3)$$

$$\lim_{z \rightarrow x-y} \{u(x, y, z) + (x - y - z) \cdot \ln|(x - y - z)| \cdot u_z(x, y, z)\} = \tau(x, y),$$

$$(x, y) \in \overline{D}_0, D_0 = \{(x, y) | 0 < y < x < h\} (4)$$

И условиями сопряжения на плоскости $z = x - y$

$$v_1(x, y) = \lim_{z \rightarrow x-y-0} (x - y - z)u_z = \lim_{z \rightarrow x-y+0} (z + y - x)u_z = v_2(x, y), (5)$$

$$z \rightarrow x-y-0 \quad z \rightarrow x-y+0$$

$$\begin{aligned} \mu_1(x, y) &= \lim_{z \rightarrow x-y-0} [(x - y - z)u_{zy} - u_z] = \lim_{z \rightarrow x-y+0} [(z + y - x)u_{zy} + u_z] = \\ &= \mu_2(x, y), (x, y) \in \overline{D}_0. (6) \end{aligned}$$

На данные задачи Δ_1^* налагаются:

Условия А.

$$\tau_{xy} \in C(\Delta_0), \tau(h, y) = \tau(x, 0) = 0;$$

$$\varphi(y, z) \in C^{(3)}(\Delta_1), \frac{\partial \varphi}{\partial z} \in C(\overline{\Delta_1}), \varphi(y, h - y) = \frac{\partial \varphi(0, z)}{\partial z} = 0,$$

$$\partial z \partial z$$

$$\frac{\partial^3 \chi}{\partial x^2} \in C(\Delta_2), \chi(x, x) = \frac{\partial}{\partial x} \chi(h, z) = \frac{\partial^2 \chi(h, z)}{\partial z^2} = 0.$$

$$\partial x \partial z \partial z \partial z$$

В качестве предварительной решается видоизменённая задача Коши.

Задача C^* . В области \underline{Q}_1 найти решение уравнения (1) с данными на плоскости

$$z = x - y$$

$$\lim_{z \rightarrow x-y-0} (x - y - z)u_z = \mu_1(x, y), (x, y) \in \overline{\Delta_0}, (7)$$

$$z \rightarrow x-y-0$$

$$\lim_{z \rightarrow x-y-0} [u + (x - y - z) \ln(x - y - z) u_z] = \tau(x, y), (8)$$

$$z \rightarrow x-y-0$$

$$\lim_{z \rightarrow x-y-0} [(x - y - z)u_{zy} - u_z] = \mu_1(x, y), (9)$$

$$z \rightarrow x-y-0$$

Решение поставленных задач. Для решения задачи C^* применим метод

$$x-y-z$$

Римана. Функция Римана для уравнения (1) имеет вид $V = \frac{x-y-z}{x_0-y_0-z}$ [1].

$$x_0-y_0-z$$

Применяя традиционные для этого метода рассуждения [1], получаем:

$$\begin{aligned}
 & 3u(x_0, y_0, z_0) - 3[u(x_0, y_0, x_0 - y_0 - \varepsilon) + \varepsilon \ln \varepsilon u_z(x_0, y_0, x_0 - y_0 - \varepsilon) + \\
 & + 3\varepsilon u_z(x_0, x_0 - z_0 - \varepsilon, z_0) \ln(x_0 - y_0 - z_0) + \\
 & x_0 - y_0 \\
 & + 3\varepsilon \int_{z_0}^{\frac{\partial}{\partial z} [u_z(x_0, x_0 - z, z)] \ln(x_0 - z - y_0 + \varepsilon) dz} + \\
 & y^z - (10) \quad + 3 \int_{y_0}^{x_0 - z_0 - \varepsilon} dx \int_{z_0 + y + \varepsilon}^{x_0} \frac{u(x, y, x - y - \varepsilon) \varepsilon u_{zy}}{\varepsilon} dx = 0
 \end{aligned}$$

Переходя к пределу при $\varepsilon \rightarrow 0$ в формуле (10), с учётом условий (7) – (9), после замены переменных получаем:

$$\begin{aligned}
 & x-y \\
 & u(x, y, z) = \tau(x, y) - v_1(x, x - z) \ln(x - y - z) - \int_z^{x-y} \frac{\partial}{\partial t} [v_1(x, x - t)] \cdot \\
 & \cdot \ln(x - y - t) dt + \int_x^{x-t} \mu_1(t + s, s) d_{-y-t, s} \quad (11)
 \end{aligned}$$

Проверкой установлено, что функция (11) удовлетворяет уравнению (1) и условиям (7) – (9) если $(\tau_{xy}, v_{1xy}, \mu_{1xy}) \in C(\Delta_0)$. Единственность решения задачи C^* следует из метода Римана.

Аналогично получаем решение задачи C^* в области \underline{Q}_2 с данными τ, v_2, μ_2 , определяемыми формулами (4) – (6):

$$\begin{aligned}
 & z \\
 & u(x, y, z) = \tau(x, y) - \int_{x-y}^z \frac{\partial}{\partial t} [v_2(x, x - t)] \ln(t + y - x) dt + \\
 & + v_2(x, x - z) \ln(z - x + y) + \int_x^y \mu_2(t + s, s) d_{-x+y-x-t, s} \quad (12)
 \end{aligned}$$

Функцию, определяемую формулами (11), (12) возьмём за основу решения задачи Δ_1^* , полагая $\mu_1 = \mu_2 = \mu, v_1 = v_2 = v$. Данная функция удовлетворяет условию (4) и условиям сопряжения (5), (6).

Неизвестные функции μ и v найдём, полагая в выражениях (11), (12) $y = 0$ и $x = h$ соответственно. Получаем:

$$v(x, x-z) = \int \mu(z+s, s) ds + \int \chi(x, z)(x-z), \quad (13)$$

$$\mu(z+y, y) = \int \frac{\partial [\varphi(y, z)(z+y-h)]}{\partial y \partial z} \quad (14)$$

Функции (13), (14) представляем в формулы (11), (12), получаем решение задачи Δ_1^* :

$$u(x, y, z) = \tau(x, y) - \int \ln(x-y-t) \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{\partial}{\partial t} \varphi(x-t, t)(x-h) + \frac{\partial}{\partial t} \chi(x, t)(x-t) \right] dt -$$

$$- \ln(x-y-z) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial z} \varphi(x-z, z)(x-h) + \frac{\partial}{\partial z} \chi(x, z)(x-z) \right] +$$

$$+ \int_{x-t}^z \left[\frac{\partial \varphi(y, t)}{\partial t} (y+t-h) - \frac{\partial \varphi(x-t, t)}{\partial t} (x-h) \right] dt \quad (15)$$

В области Ω_1 .

$$u(x, y, z) = \tau(x, y) - \int \ln(t+y-x) \cdot$$

$$\cdot \left[\frac{\partial}{\partial t} \varphi(x-t, t)(x-h) + \frac{\partial}{\partial t} \chi(x, t)(x-t) \right] dt +$$

$$+ \ln(z-x+y) \cdot \left[\frac{\partial}{\partial z} \varphi(x-z, z)(x-h) + \frac{\partial}{\partial z} \chi(x, z)(x-z) \right] +$$

$$+ \int_{x-t}^z \left[\frac{\partial \varphi(y, t)}{\partial t} (y+t-h) - \frac{\partial \varphi(x-t, t)}{\partial t} (x-h) \right] dt \quad (16)$$

В области Ω_2 .

При выполнении условий А проверкой установлен факт существования решения задачи Δ_1^* .

Единственность следует из однозначной разрешимости задачи C^* взятой за основу. Решение, определяемое формулами (15), (16) непрерывно на множестве $\underline{Q}_1 \cup \underline{Q}_2$, на плоскости $z = x - y$ имеет особенность логарифмического порядка.

Список литературы:

1. Волкодав В.Ф., Родионова И.Н., Бушков С.В. «решение видоизменённой задачи Коши методом Римана для пространственного аналога

уравнения Эйлера-Дарбу с отрицательным параметром», Дифференц. уравнения, 2000, №4(36), с. 616-619

УДК 517.956

КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ МОДЕЛЬНОГО ПСЕВДО-ПАРАБОЛО-ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Пирматов Абдыманап Зияйдинович,
кандидат физико-математических наук, доцент,
Ошский государственный университет,
Кыргызстан, 723500, г. Ош, ул. Ленина, 331
ORCID: 0009-0008-2343-5185

Аркабаев Нуркасым Кылычбекович,
кандидат физико-математических наук, доцент,
Ошский государственный университет,
Кыргызстан, 723500, г. Ош, ул. Ленина, 331

BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR A MODEL PSEUDO-PARABOLIC-HYPERBOLIC FOURTH- ORDER PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATION

Pirmatov Abdymanap,
Associate Professor,
Osh State University,
Kyrgyzstan, 723500, Osh, Lenin st., 331,
ORCID: 0009-0008-2343-5185,
Arkabaev Nurkasym,
Associate Professor,
Osh State University,
Kyrgyzstan, 723500, Osh, Lenin st., 331.
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.116.1951

АННОТАЦИЯ

Предметом исследования являются корректные краевые задачи для дифференциальных уравнений высокого порядка. Цель данной работы является изучение корректных краевых задач для псевдо-параболо-гиперболического уравнения четвертого порядка в частных производных. В исследовании использованы метод понижения порядка, с помощью которых доказана единственность решения задачи. Доказана существование и единственность решения первой краевой задачи для модельного псевдо-параболо-гиперболического уравнения четвертого порядка. Научная и практическая ценность: Путем понижения порядка уравнения задача сведена к краевой задаче для дифференциального уравнения второго порядка. Получена представление решения задачи через функции Грина. Полученные результаты можно применять в обучении студентов и магистрантов математических специальностей.

ABSTRACT

The subject of the study is correct boundary value problems for high order differential equations. The purpose of this work is to study well-posed boundary value problems for a fourth-order pseudo-parabolic-hyperbolic partial differential equation. The study used the order reduction method, with the help of which the uniqueness of the solution to the problem was proven. The existence and uniqueness of a solution to the first boundary value problem for a model fourth-order pseudo-parabolic-hyperbolic equation is proven. Scientific and practical value: By reducing the order of the equation, the problem is reduced to a boundary value problem for a second-order differential equation. A representation of the solution to the problem through Green's functions is obtained. The results obtained can be used in teaching students and undergraduates in mathematical specialties.

Ключевые слова: краевые задачи, существование, единственность, функция Грина, псевдо-параболо-гиперболическое уравнение.

Keywords: boundary value problems, existence, uniqueness, Green's function, pseudo-parabolic-hyperbolic equation.

В прямоугольной области $D = \{(x, y): 0 < x < \ell, -h_2 < y < h_1\}, (\ell, h_1, h_2 > 0)$ рассмотрено уравнение в частных производных четвертого порядка

$$0 = \begin{cases} u_{xxyy} - u_{yy}, y > 0, \\ u_{xxyy} - c_2 u_{yy}, y < 0, \end{cases} (1)$$

где $c_2 = \text{const}$. Пусть $D_1 = D \cap (y > 0), D_2 = D \cap (y < 0)$. Уравнение (1) является простой моделью уравнения псевдопараболического типа с двумя кратными семействами $x = \text{const}, y = \text{const}$ действительных характеристик. Оно является уравнением смешанного типа в том смысле, что при $-h_2 < y < 0$ относится к классу псевдопараболических уравнений, а при $0 < y < h_1$ к классу псевдогиперболических уравнений [1]. Прямая $y = 0$ является линией сопряжения уравнения (1).

Для уравнения (1) рассмотрены следующие краевые задачи:

Задача 1. Найти функцию $u(x, y) \in C(\bar{D}) \cap C^2(D)$, являющуюся решением уравнения (1) в области $D \setminus (y = 0)$ и удовлетворяющую краевым условиям

$$u(0, y) = \varphi_1(y), u(\ell, y) = \varphi_2(y), 0 \leq y \leq h_1, (2)$$

$$u(0, y) = \chi_1(y), u(\ell, y) = \chi_2(y), -h_2 \leq y \leq 0, (3)$$

$$u(x, h_1) = \psi_1(x), u_y(x, h_1) = \psi_2(x), 0 \leq x \leq \ell, (4)$$

Где $\varphi_i(y), \chi_i(y), \psi_i(x), (i = 1, 2)$ - заданные функции.

Задача 2. Найти функцию $u(x, y)$, удовлетворяющую всем условиям задачи 1, если вместе условий (2) и (3) берутся условия

$$u_x(0, y) = \varphi_1(y), u(\ell, y) = \varphi_2(y), 0 \leq y \leq h_1, (5)$$

$$u(0, y) = \chi_1(0), u_x(0, y) = \chi_2(y), -h_2 \leq y \leq 0. (6)$$

Отметим, что задача 1 для смешанного псевдо-параболо-гиперболического уравнения третьего порядка изучена в работе [2].

Из постановки задачи 1 следует, что на линии $y = 0$ выполняются следующие условия сопряжения

$$\begin{aligned} u(x, +0) &= u(x, -0), u_y(x, +0) = u_y(x, -0), 0 \leq x \leq \ell, \\ u_{yy}(x, +0) &= u_{yy}(x, -0), 0 \leq x \leq \ell. \end{aligned} (7)$$

Основным результатом является

Теорема 1. Задача 1 всегда разрешима и притом единственным образом,

если $\varphi_1(h_1) = \psi_1(0), \varphi_1'(h_1) = \psi_2(0), \varphi_2(h_1) = \psi_1(\ell), \varphi_2'(h_1) = \psi_2(\ell), c_2 \neq -\left(\frac{\pi \cdot n}{\ell}\right)^2, n = 1, 2, \dots,$

$$\varphi_i, \chi_i, \psi_i \in C^2, \varphi_j^{(i)}(0) = \chi_j^{(i)}(0), i, j = 1, 2.$$

Доказательство. Пусть $u_{yy}(x, y) = v(x, y)$. Тогда уравнение (1) сводится к уравнению

$$0 = \begin{cases} v_{xx} - v, y > 0, \\ v_{xx} + c_2 v, y < 0, \end{cases} (8)$$

а задача 1 к следующей вспомогательной задаче.

Задача 1'. Найти решение уравнения (8) в области $D \setminus (y = 0)$ и удовлетворяющее условиям

$$\begin{aligned} v(0, y) &= \varphi_1''(y), v(\ell, y) = \varphi_2''(y), 0 \leq y \leq h_1, \\ v(0, y) &= \chi_1''(y), v(\ell, y) = \chi_2''(y), -h_2 \leq y \leq 0, \end{aligned} (9)$$

и условию сопряжения

$$v(x, +0) = v(x, -0), 0 \leq x \leq \ell. (10)$$

Уравнение (8) в области D_2 представляет собой обыкновенное дифференциальное уравнение с параметром y , поэтому решение задачи 1' в области D_2 можно определить как решение следующей задачи:

$$\begin{aligned} v_{xx} + c_2 v &= 0, (x, y) \in D_2, \\ v(0, y) &= \chi_1''(y), v(\ell, y) = \chi_2''(y), -h_2 \leq y \leq 0. \end{aligned} (11)$$

Известно, что однородная задача

$$\begin{aligned} v_{xx} + c_2 v &= 0, \\ v(0, y) = 0, v(\ell, y) &= 0, \end{aligned} \quad (12)$$

соответствующая задаче (11), как задача Штурма-Лиувилля, имеет бесконечно много нетривиальных решений

$$u_n(x, y) = C(y) \sin \frac{\pi \cdot n}{\ell} x, n = \pm 1, \pm 2, \dots,$$

Если $c_2 = -\left(\frac{\pi \cdot n}{\ell}\right)^2$, где $C(y)$ – любая функция.

Отсюда следует, что если $c_2 \neq -\left(\frac{\pi \cdot n}{\ell}\right)^2$, то задача (12) имеет только тривиальное решение, поэтому задача (11) имеет единственное решение и это решение можно представить в виде

$$v(x, y) = \begin{cases} \chi_1''(y) \cos \sqrt{c_2} x + \frac{\chi_2''(y) - \cos \sqrt{c_2} \ell \chi_1''(y)}{\sin \sqrt{c_2} \ell} \sin \sqrt{c_2} x, c_2 > 0, \\ \frac{\exp(-\sqrt{-c_2} \ell) \chi_1''(y) - \chi_2''(y)}{\exp(-\sqrt{-c_2} \ell) - \exp(\sqrt{-c_2} \ell)} \exp(\sqrt{-c_2} \ell) + \\ + \frac{\chi_1''(y) \exp(\sqrt{-c_2} \ell) - \chi_2''(y)}{\exp(\sqrt{-c_2} \ell) - \exp(-\sqrt{-c_2} \ell)} \exp(-\sqrt{-c_2} \ell), c_2 < 0, \\ \chi_1''(y) + \frac{x}{\ell} [\chi_2''(y) - \chi_1''(y)], c_2 = 0. \end{cases} \quad (13)$$

Итак, функция $v(x, y)$ в области D_2 определена полностью. Полагая $y = 0$, будем знать след этой функции: $v(x, 0) = \mu(x)$, где

$$\mu(x) = \begin{cases} \chi_1''(0) \cos \sqrt{c_2} x + \frac{\chi_2''(0) - \cos \sqrt{c_2} \ell \chi_1''(0)}{\sin \sqrt{c_2} \ell} \sin \sqrt{c_2} x, c_2 > 0, \\ \frac{\exp(-\sqrt{-c_2} \ell) \chi_1''(0) - \chi_2''(0)}{\exp(-\sqrt{-c_2} \ell) - \exp(\sqrt{-c_2} \ell)} \exp(\sqrt{-c_2} \ell) + \\ + \frac{\chi_1''(0) \exp(\sqrt{-c_2} \ell) - \chi_2''(0)}{\exp(\sqrt{-c_2} \ell) - \exp(-\sqrt{-c_2} \ell)} \exp(-\sqrt{-c_2} \ell), c_2 < 0, \\ \chi_1''(0) + \frac{x}{\ell} [\chi_2''(0) - \chi_1''(0)], c_2 = 0. \end{cases}$$

Тогда решение задачи 1' в области D_1 определяется как решение первой краевой задачи для уравнения теплопроводности:

$$\begin{aligned} v_{xx} - v_y &= 0, v(x, y) \in D_1, \\ v(0, y) = \varphi_1''(y), v(\ell, y) &= \varphi_2''(y), 0 \leq y \leq h_1, \\ v(x, 0) = \mu(x), 0 \leq x &\leq \ell. \end{aligned}$$

Известно, что решение этой задачи задается формулой [3]

$$\begin{aligned} v(x, y) = \int_0^y G_\xi(x, y; 0, \eta) \varphi_1''(\eta) d\eta - \int_0^y G_\xi(x, y; \ell, \eta) \varphi_2''(\eta) d\eta + \\ + \int_0^y G(x, y; \xi, 0) \mu(\xi) d\xi, \end{aligned} \quad (14)$$

где $G(x, y; \xi, \eta) = \frac{1}{2\sqrt{\pi(y-\eta)}} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \left\{ \exp\left(-\frac{(x-\xi-2n\ell)^2}{4(y-\eta)}\right) - \exp\left(-\frac{(x+\xi-2n\ell)^2}{4(y-\eta)}\right) \right\}$ – функция Грина.

Проинтегрировав (14) два раза по y от h_1 до y и принимая во внимание условия (4), получаем

$$u(x, y) = \int_{h_1}^y (y - \eta) v(x, \eta) d\eta + \psi_2(x)(y - h_1) + \psi_1(x), (x, y) \in D_1. \quad (15)$$

Отсюда найдем

$$u(x, y) = \int_0^{h_1} \eta v(x, \eta) d\eta - h_1 \psi_2(x) + \psi_1(x) \equiv \tau(x),$$

$$u_y(x, 0) = \psi_2(x) - \int_0^{h_1} v(x, \eta) d\eta \equiv v(x).$$

Тогда, интегрируя соотношение $u_{yy}(x, y) = v(x, y)$ с учетом (7), где $v(x, y)$ определена по формуле (13), имеем

$$u(x, y) = \int_0^y (y - \eta)v(x, \eta) d\eta + v(x)y + \tau(x), (x, y) \in D_2. (16)$$

Таким образом, решение задачи 1 в областях D_1 и $y = 0$ D_2 определяется по формулам (15) и (16) соответственно. Теорема 1 доказана.

Теперь рассмотрим задачу 2. Как и в задаче 1, введя обозначение $y = 0$ $u_{yy}(x, y) = v(x, y)$ приходим к следующей вспомогательной задаче.

Задаче 2'. Найти решение задачи (8) в области $D/(y = 0)$, удовлетворяющее условиям

$$\begin{aligned} v_x(0, y) &= \varphi_1''(y), v(\ell, y) = \varphi_2''(y), 0 \leq y \leq h_1, \\ v(0, y) &= \chi_1''(y), v_x(0, y) = \chi_2''(y), -h_2 \leq y \leq 0, (17) \end{aligned}$$

и условию сопряжения (10).

Решение задачи 2' в области D_2 определяем как решение задачи Коши:

$$\begin{aligned} v_{xx} + c_2 v &= 0, (x, y) \in D_2, \\ v(0, y) &= \chi_1''(y), v_x(0, y) = \chi_2''(y), -h_2 \leq y \leq 0. \end{aligned}$$

Оно имеет вид

$$v(x, y) = \begin{cases} \chi_1''(y) \cos \sqrt{c_2} x + \frac{1}{\sqrt{c_2}} \chi_2''(y) \sin \sqrt{c_2} x, c_2 > 0, \\ \chi_1''(y) ch \sqrt{-c_2} x + \frac{1}{\sqrt{-c_2}} \chi_2''(y) sh \sqrt{-c_2} x, c_2 < 0, (18) \\ \chi_1''(y) + \chi_2''(y)x, c_2 = 0. \end{cases}$$

Отсюда и найдем след функции $v(x, y)$ при $y = 0$:

$$v(x, y) = \mu(x),$$

где

$$\mu(x) = \begin{cases} \chi_1''(0) \cos \sqrt{c_2} x + \frac{1}{\sqrt{c_2}} \chi_2''(0) \sin \sqrt{c_2} x, c_2 > 0, \\ \chi_1''(0) ch \sqrt{-c_2} x + \frac{1}{\sqrt{-c_2}} \chi_2''(0) sh \sqrt{-c_2} x, c_2 < 0, \\ \chi_1''(0) + \chi_2''(0)x, c_2 = 0. \end{cases}$$

Тогда задачи 2' в области D_1 сводится к следующей задаче:

$$\begin{aligned} v_{xx} - v_y &= 0, (x, y) \in D_1, \\ v_x(0, y) &= \varphi_1''(y), v(\ell, y) = \varphi_2''(y), 0 \leq y \leq h_1, \\ v(x, y) &= \mu(x), 0 \leq x \leq \ell, \end{aligned}$$

единственное решение, которого представимо в виде

$$\begin{aligned} v(x, y) &= \int_0^y G(x, y; 0, \eta) \varphi_1''(\eta) d\eta - \int_0^y G_\xi(x, y; \ell, \eta) \varphi_2''(\eta) d\eta + \\ &+ \int_0^\ell G(x, y; \xi, 0) \mu(\xi) d\xi, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} G(x, y; \xi, \eta) &= \frac{1}{2\sqrt{\pi(y-\eta)}} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \left[\exp\left(-\frac{(x-\xi-4n)^2}{4(y-\eta)}\right) + \exp\left(-\frac{(x+\xi-4n)^2}{4(y-\eta)}\right) - \right. \\ &\left. - \exp\left(-\frac{(x-\xi-2\ell-4n)^2}{4(y-\eta)}\right) + \exp\left(-\frac{(x+\xi-2\ell-4n)^2}{4(y-\eta)}\right) \right], (20) \end{aligned}$$

функция Грина смешанной задачи для уравнения теплопроводности [4].

После определения решения задачи 2' по формулам (18) и (19), решение задачи 2 восстанавливается так же, как в задаче 1.

Таким образом, доказана

Теорема 2. Если $\varphi_i(y) \in C^2[0, h_1]$, $\chi_i(y) \in C^2[-h_2, 0]$, $\psi_i(x) \in C^2[0, \ell]$ $\varphi_1(0) = \chi_2(0)$,

$\varphi_1^i = \chi_2^i (i = 1, 2)$, $\varphi_2(h_1) = \psi_1(0)$, $\varphi_2(h_1) = \psi_1(\ell)$, $\psi_2(h_1) = \psi_2(\ell)$, то решение задачи 2 существует и единственно.

Литература.

1. Джураев, Т.Д. К теории дифференциальных уравнений в частных производных четвертого порядка [Текст] / Т.Д. Джураев, А. Сопуев. – Ташкент: Фан, 2000. -144 с.

2. Водахова В.А. Краевые задачи для уравнений третьего порядка смешанного псевдо-

параболо-гиперболического типа: Дисс ... канд. Физ. –мат. наук: 01.01.02. –Нальчик, 1983. -97 с.

3. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. –Москва: Наука, 1977, -736 с.

4. Зоммерфельд А. Дифференциальные уравнения в частных производных. – Москва: ИЛ, 1950. -229 с.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСЕРВИСОВ ДЛЯ ГИБКОЙ РАЗРАБОТКИ И ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ САЙТОВ

Каримбаев Тимур Камалиддинович

*Со-основатель и технический директор компании GetCourse.
Россия, Москва*

USING MICROSERVICES FOR FLEXIBLE DEVELOPMENT AND SUPPORT OF EDUCATIONAL WEBSITES

Timur Karimbaev

*Co-founder and Technical Director of GetCourse.
Russia, Moscow*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.116.1952

АННОТАЦИЯ

Современная система образования, как и все сферы жизни российского общества, постепенно переходит на инновации, которые становятся неотъемлемой частью жизни. При этом, правительство активно способствует внедрению инноваций как в школы, так и в ВУЗы, но для многих учреждений прослеживается недостаточность материальной базы и средств, которые необходимы для полноценного перехода. В то же время, ведущие ВУЗы страны, а также города-миллионники включены в программу по созданию зоны «технологического суверенитета», что предоставляет доступ всем учебным заведениям к различного рода инновациям. Как результат, вопрос о переводе образовательные сайты на микросервисы стал обсуждаться не только исследователями в области программирования, но также политиками и работниками образования. Все это делает рассматриваемую тему актуальной. **Цель** исследования провести анализ плюсов и минусов микросервисов и возможных перспектив перехода образовательных сайтов на их использование для поддержания работы сайтов. В **методологию** исследования включены такие подходы к работе как анализ современной литературы, сопоставление возможностей современных учебных заведений, прогнозирование успешного и эффективного использования веб-сайтов основанных на микросервисах. **Результаты и выводы** подчеркивают, что современное образование составляет основу любого общества. И данная отрасль как ключевая в процессе подготовки будущего работоспособного населения, должна обновляться в соответствии с требованиями времени. К одному из таких передовых инноваций можно отнести перевод образовательных сайтов на поддержку микросервисами, что с одной стороны имеет ряд важных перспектив, а с другой сталкивается с множеством препятствий, которые можно решить только при помощи правительства.

ABSTRACT

The modern education system, like all spheres of life in Russian society, is gradually shifting to innovations that are becoming an integral part of life. At the same time, the government actively promotes the introduction of innovations in both schools and universities, but for many institutions there is a lack of material resources and funds that are necessary for a full-fledged transition. At the same time, the country's leading universities, as well as cities with millions of students, are included in the program to create a zone of "technological sovereignty", which provides access to all educational institutions to various kinds of innovations. As a result, the issue of transferring educational sites to microservices began to be discussed not only by researchers in the field of programming, but also by politicians and educators. All this makes the topic relevant. **The purpose** of the study is to analyze the pros and cons of microservices and possible prospects for the transition of educational sites to their use to maintain the operation of sites. The research **methodology** includes such approaches to work as the analysis of modern literature, comparison of the capabilities of modern educational institutions, forecasting the successful and effective use of websites based on microservices. **The results and conclusions** emphasize that modern education forms the basis of any society. And this industry, as a key one in the process of preparing the future working population, should be updated in accordance with the requirements of the time. One of these advanced innovations is the transfer of educational sites to microservices support, which on the one hand has a number of important prospects, and on the other hand faces many obstacles that can only be solved with the help of the government.

Ключевые слова: микросервисы, образовательные сайты, приложения, система поддержки работы сайта, информационная инфраструктура.

Keywords: microservices, educational sites, applications, site support system, information infrastructure.

Введение

Микросервис — это минимальный функциональный сервисный модуль, который разрабатывается и развертывается независимо, а

архитектура микросервиса — это архитектура распределенных программных модулей, состоящих из микросервиса, который представляет собой развитый шаблон разработки программного

обеспечения, основанный на успешной практической реализации. Основные характеристики микросервиса включают: небольшой, сфокусированный, автономный сервис для компонентизации, слабосвязанную архитектуру, четкие границы по контекстам, автономную и согласованную с архитектурой программного обеспечения команду разработчиков, децентрализованное управление, проектирование на случай сбоев и т. д.

Эти архитектурные характеристики приносят много преимуществ, таких как возможность интеграции гетерогенных технологий, непрерывной доставки, устойчивости, масштабируемости и, в конечном итоге, быстро развивающейся архитектуры.

Микросервисы предполагающие гибкую разработку и поддержку сайтов имеют ряд положительных качеств: их быстрее разрабатывать и модифицировать, чем монолитные приложения, сайты и страницы, используемые во многих образовательных учреждениях. Являясь хорошим примером современных приложений с зависимостями API, микросервисы помогают реализовать совместное использование данных, вычислительной мощности и ресурсов всей

информационной инфраструктуры учреждения. С точки зрения развития системы образования микросервисные архитектуры ускоряют вывод, в режиме реального времени, новых функций и возможностей, поскольку компонентный форм-фактор обеспечивает блочный подход к созданию приложений/услуг. С точки зрения ИТ, они обеспечивают гибкое масштабирование в зависимости от нагрузки. С точки зрения развития они легко адаптируются к характеристикам быстрых изменений окружающей среды, что происходит во время того как платформа использует микросервисы в качестве технической зависимости.

Как следствие, вопросами перевода учебных заведений на использование микросервисов для поддержки работы сайтов, интересуются как представители властей, так и руководители образовательных учреждений, что актуализирует изучение данного вопроса. Кроме того, недавно принятая Концепция «технологического суверенитета» запустила программу технического обновления учебных заведений (табл.1), которые могут стать основой для перевода сайтов на микросервисную поддержку.

Таблица 1

Учебные заведения переводимые на инновации

Table 1

Educational institutions that are being converted to innovation

Субъект	Школа	СПО	ВУЗ	Техническое переоснащение
Ростовская область	96	126	20	85%
Мурманская область	65	90	10	90%
Пермская область	31	68	11	95%
Оренбургская область	23	36	9	86%
Самарская область	26	38	7	90%
Воронежская область	40	20	5	93%
Республика Башкортостан	10	10	3	89%

Цель исследования провести анализ плюсов и минусов микросервисов и возможных перспектив перехода образовательных сайтов на их использование для поддержания работы сайтов.

Обзор литературы

Как отмечают отечественные специалисты, до появления микросервисов сайты, программное обеспечение и приложения разрабатывались с монолитной архитектурой. Что сегодня теряет свою актуальность. А монолитные системы уступают место микросервисам, в которых большое приложение создается из набора сервисов. Это подход к разработке программных систем. Каждый сервис выполняет уникальную бизнес-функцию, при этом эти сервисы связаны между собой четко определенным интерфейсом [2. С.18-34].

Е.С. Елисеева, А.Д. Хаханова и А.А. Учанева, рассматривая применение JAVASCRIPT в образовательном процессе указывают на то, что архитектура микросервисов позволяет создавать, развертывать, управлять и масштабировать каждый компонент службы отдельно от других служб.

Сервисам не обязательно делиться своим кодом или тем, как они работают, с другими сервисами. Вся связь между различными частями осуществляется через четко определенные API. Каждая услуга основана на различном наборе навыков и различных проблемах. Если со временем разработчики добавляют в сервис больше кода, сервис может быть разделен на более мелкие сервисы. Что существенно отличает микросервисы от монолитных сайтов [1. С. 240-243].

Как отмечает Н.Н. Нагорный, микросервисная архитектура служит хорошей опорой для налаживания работы: сложных и масштабируемых приложений. Так, при разработке сложных приложений с несколькими модулями или функциями, которые необходимо масштабировать независимо, архитектура микросервисов обеспечивает гибкость. Это позволяет разрабатывать, развертывать и масштабировать различные микросервисы индивидуально в зависимости от их конкретных потребностей [4. С.121-133].

Продолжая рассматривать проблему потребностей, в контексте современных учебных заведений и программного обеспечения М.С. Качков, П.А. Пахомов и И.А. Горин отмечают, что современная система образования нуждается не только в прямой передаче информации, но так же и возможности ее транслирования для разных групп пользователей, к которым можно отнести носителей других языков, а также людей с ограниченными возможностями и в этом плане, архитектура микросервисов может реализовать этот многоязычный подход к разработке [3. С.58-62].

Важным плюсом архитектуры микросервисов, по мнению Е.И. Черняковой, является то, что она поддерживает гибкие методы разработки, позволяя организациям быстро внедрять инновации, выполнять итерации и развертывать новые функции или обновления. Независимый характер микросервисов ускоряет циклы разработки и снижает риск воздействия на все приложение во время обновлений.

Но, есть и авторы, которые указывают на наличие существенных недостатков данной системы. Так, А.В. Понизов, М.А. Серов и Т.А. Галаган указывают на то, что мелкие микросервисы усложняют взаимодействие между сервисами, согласованность данных и оркестровку сервисов. Правильное проектирование, реализация и стратегии управления имеют решающее значение для эффективного решения этой сложности. И если современные ИТ-компании способны справиться с данной задачей, то учебные заведения не всегда имеют достаточный потенциал. Поскольку микросервисы распределены по разным системам и средам, управление и мониторинг всей системы может оказаться сложной задачей. Организациям необходимо инвестировать в надежные инструменты мониторинга и управления, чтобы обеспечить прозрачность и стабильность. Что так же не представляется возможным, так как большая часть учебных заведений находится на системе государственного финансирования и не имеет достаточного количества свободных средств [5. С. 27-31].

Следовательно, авторы указывают на наличие как положительных, так и отрицательных сторон в вопросах использования микросервисов в

поддержке работы образовательных сайтов. Но, можно выделить главную сложность – финансирование, которое должно исходить от правительства и распространяться не только на переход образовательного учреждения на систему микросервисов, но также и последующее поддержание данной архитектуры.

Материалы и методы

Проведенный анализ литературы показал положительные и отрицательные стороны применения микросервисной архитектуры. Однако, для выявления конкретных возможностей применения данной системы для поддержания работы образовательных сайтов, необходимо провести сопоставительный анализ возможностей современных учебных заведений, а также прогнозирование успешного и эффективного использования веб-сайтов основанных на микросервисах.

Результаты

Поскольку современные учебные заведения нуждаются в актуализации программного обеспечения, не удивительно, что российские веб-компании принимая во внимание масштабируемость проблемы стали предлагать именно переход на микросервисы. Но, в рамках работы сайтов, необходимо учитывать и то, что часто только часть программного обеспечения поддержки работы образовательного сайта, нагруженная ЦП или вводом-выводом, должна масштабироваться и обрабатываться индивидуально (что реализуется с помощью полиглотного программирования). Монолитное программное обеспечение функционирует как единое целое и создается с использованием одного языка программирования и технического стека. Чтобы выполнить горизонтальное масштабирование, необходимо масштабировать все приложение. Поскольку монолитное программное обеспечение поддерживает только один язык программирования, невозможно разработать даже один модуль на другом языке программирования или техническом стеке. И сравнивая микросервисную архитектуру с монолитной, можно вычлнить ряд преимуществ для образовательных учреждений (табл.2)

Преимущества и ограничения микросервисной архитектуры для обеспечения работы образовательного сайта

Advantages and limitations of a micro-service architecture to ensure the operation of an educational website

<i>Преимущества</i>	<i>Ограничения</i>
<p>Масштабируемость и гибкость: Микросервисы обеспечивают независимое масштабирование услуг, позволяя организациям быстро реагировать на меняющиеся требования и обеспечивая гибкость микросервисов. Масштабируемость микросервисов обеспечивает гибкость масштабирования только необходимых сервисов, обеспечивая оптимальное использование ресурсов.</p>	<p>Накладные расходы на разработку и обслуживание: Разбиение приложения на несколько проектов микросервисов требует дополнительных усилий при разработке, тестировании и развертывании. Учебные заведения должны тщательно продумать компромисс между преимуществами и увеличением затрат на разработку и обслуживание нового сайта.</p>
<p>Повышенная устойчивость и изоляция неисправностей: В среде микросервисов отказ одной службы не приводит к выходу из строя всей системы. Неисправность изолируется, а остальные службы могут продолжать работать, повышая общую отказоустойчивость системы.</p>	<p>Сложность связи: Микросервисы в значительной степени полагаются на межсервисное взаимодействие, что усложняет работу. Учебные заведения должны разработать надежные протоколы и механизмы связи для эффективного управления взаимодействием служб.</p>
<p>Гибкость технологий: Архитектура микросервисов позволяет организациям использовать наиболее подходящий стек технологий для каждого сервиса. Он способствует инновациям и гибкости, используя сильные стороны различных технологий и инфраструктур.</p>	<p>Организационное воздействие: Внедрение архитектуры микросервисов часто требует изменения организационной структуры и процессов. Это может включать изменения в составе команды программистов, моделях и методах совместной работы, чтобы привести их в соответствие с парадигмой микросервисов</p>

Из таблицы 1 следует, что архитектура микросервисов предлагает множество преимуществ, но очень важно оценить ее пригодность для нужд разработки приложений. Данный метод поддержки хорошо подходит для сложных и масштабируемых приложений, требований многоязычной разработки и сценариев, требующих быстрых инноваций и развертывания. Однако учебные заведения должны осознавать проблемы, связанные с повышенной сложностью, управлением распределенными системами и эксплуатационными накладными расходами. Понимая ограничения и правильно их устранив,

школы, СПО и ВУЗы могут использовать преимущества архитектуры микросервисов для создания надежных, масштабируемых и гибких в различных аспектах приложений и сайтов.

По факту, работа микросервиса может быть направлена на удовлетворение потребностей самых различных потребителей выкладываемой на сайт информации, при условии, что сам сайт может включать несколько рабочих микросервисов. Но в целом, в отношении образовательного сайта, можно предложить следующее соотношение: (рис.1)



Рис.1 Основа для микросервиса поддерживающего работу образовательного сайта
Fig.1 The basis for a microservice that supports the operation of an educational website

Следовательно, образовательной организации понадобится четкое понимание того, будет ли сайт переведен на микросервисы полностью или частично.

Обсуждение

Как отмечалось, для поддержки образовательного сайта можно использовать как один, так и несколько микросервисов. При этом, службы, составляющие архитектуру микросервисов, выполняются на нескольких

разных серверах. Такие протоколы, как HTTP, AMQP и TCP, используются для облегчения связи между этими многочисленными службами. Два протокола, получившие наибольшее распространение, — это HTTP/REST и асинхронный обмен сообщениями. Протокол HTTP часто используется интерфейсом прикладного программирования REST (API) для онлайн-сервисов (табл.3).

Таблица 3

Сетевые протоколы и их возможность взаимодействовать с микросервисами

Table 3

Network protocols and their ability to interact with microservices

Название	Свойства	Взаимодействие
Ethernet	Созданный для локальных вычислительных сетей (LAN), в последствии стал основой для разработок, которые являются стандартом беспроводной компьютерной сети и используется для связи ноутбуков и смартфонов без подключения к кабелю.	Определяет физический уровень в моделях проводных сетей, а также подуровень контроля доступа к среде (MAC) уровня канала передачи данных.
ICMP	Предназначен для отправки сообщений об ошибках в сети.	Он работает с микросервисами, так как является важным компонентом выявления и устранения ошибок. Он помогает диагностировать проблемы с сетевым взаимодействием. ICMP в основном используется для определения того, достигают ли данные указанного места назначения наилучшим образом.
ARP	Протокол разрешения адресов. Он сопоставляет сетевые адреса с физическими адресами, используемыми протоколом передачи данных. Это процесс поиска адреса компьютера в сети. .	ARP преобразует адреса сетевого уровня в адреса канального уровня из сетевой модели OSI. ARP является одним из важнейших столпов сетевого процесса
TCP	Протокол управления передачей (TCP) - это стандарт, который определяет, как устанавливать и поддерживать сетевое соединение, через которое прикладные программы могут обмениваться данными. Он используется поверх IP-адреса для	TCP - надежный протокол, ориентированный на подключение. Он также предоставляет устройству-отправителю подтверждение о состоянии отправляемых данных.

	обеспечения надежной передачи пакетов.	
HTTP	Протокол передачи гипертекста. используется для загрузки веб-страниц с использованием гипертекстовых ссылок. HTTP - это протокол прикладного уровня, который позволяет пользователю видеть удобный интерфейс, предназначенный для передачи информации между сетевыми устройствами.	Это протокол, помогающий приложениям взаимодействовать с пользователями.
STP	Протокол связующего дерева. Он устраняет избыточные соединения и обрабатывает сетевые изменения и сбои.	STP отслеживает все ссылки в сети. Чтобы найти любую проблему, присутствующую в ссылках, или избыточную ссылку, он применяет алгоритм связующего дерева (STA). STA создает топологию на основе текущей сети и удаляет избыточные ссылки. Когда в существующую сеть добавляется новая ссылка, STP повторно запускает STA, чтобы убедиться, что новая ссылка не является избыточной.
SSH	Это сетевой протокол, использующий криптографию для защиты сетевых сервисов в незащищенных сетях.	Протокол передачи файлов SSH (SFTP), также известный как безопасный FTP, используется для защиты соединения при удаленной отправке файла из одной системы в другую. Он использует шифрование с открытым ключом для защиты связи через Интернет, а также для обеспечения надежной аутентификации пользователя.

Следовательно, пользователи могут получать доступ к ресурсам сайта и/или изменять их, используя единый указатель ресурсов в сочетании с методами HTTP, такими как GET, POST, PUT и DELETE (URL). Интерфейс прикладного программирования (API) REST действует как точка входа в функциональные возможности приложения. Пользователи сообщают сервисам о своих потребностях, отправляя запросы к API. Как результат, администраторы сайта имеют возможность взаимодействовать с микросервисами напрямую или через шлюз API.

Заключение

Несмотря на все преимущества, успех предоставления микросервисов зависит от производительности соединяющих их API. Архитектура микросервисов заменяет монолитную (или распределенную) доставку приложений сотнями или, возможно, тысячами соединений на основе API. С этой точки зрения неизбежно возникнут проблемы с производительностью и/или доступностью. Эти проблемы подчеркивают необходимость в интегрированных шлюзах производственного уровня и решениях способных поддерживать выполнение сервисов, подключенных к API. В данном ключе необходимо учитывать, что перевод образовательных сайтов на поддержку микросервисами, с одной стороны имеет ряд важных перспектив, а с другой сталкивается с множеством препятствий, которые можно решить только при помощи правительства.

Список литературы

1. Елисева Е.С., Хаханова А.Д., Учанева А.А. Применение JAVASCRIPT-фреймворков при разработке интерактивных образовательных веб-приложений// Современное образование: традиции и инновации. 2020. № 2. С. 240-243.
2. Карабутов Ю.К. Анализ и проектирование систем производительности. Просто о микросервисах// Проектирование и рефакторинг. 2020. №10. С.18-34
3. Качков М.С., Пахомов П.А., Горин И.А. Выбор инструментальных средств для разработки образовательного веб-приложения// Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. № 1. С. 58-62.
4. Нагорный Н.Н. Основные аспекты разработки микросервисного веб-приложения// Системный анализ, управление и обработка информации. 2023. №7(133). С.121-133. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.121>
5. Понизов А.В., Серов М.А., Галаган Т.А. Разработка веб-приложения для обработки ГНСС-данных с использованием микросервисной архитектуры// Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. 2020. № 89. С. 27-31.
6. Чернякова Е.И. Исследование микросервисной архитектуры для веб-приложения // Вестник магистратуры. 2022. №12-6 (135). С.15-18

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 538.945

НАЧАЛЬНАЯ ДИССИПАЦИЯ И ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРКОЛЯЦИОННЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

*Кузьмин Ю.И.**Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской Академии Наук
Россия, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26*

INITIAL DISSIPATION AND CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF PERCOLATION SUPERCONDUCTORS

*Yu.I. Kuzmin**Ioffe Physical Technical Institute of Russian Academy of Sciences,
26 Polytechnicheskaya St., Saint Petersburg, 194021, Russia**DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.116.1954*

АННОТАЦИЯ

Исследовано влияние фрактальных кластеров нормальной фазы на особенности вольт-амперных характеристик (ВАХ) перколяционных сверхпроводников в области резистивного перехода. Выполнен анализ динамики вихрей в высокотемпературном сверхпроводящем композите на основе BPSCCO/Ag. Рассмотрено влияние транспортного тока на депиннинг вихрей. Наблюдаемый на ВАХ начальный участок диссипации объясняется фрактальными свойствами кластерной структуры материала.

ABSTRACT

The influence of fractal clusters of a normal phase on peculiarities of current-voltage (V-I) characteristic of percolative type-II superconductors is studied. An analysis of vortex dynamics in high-temperature superconducting composite based on BPSCCO/Ag has been performed. The effect of transport current on vortex depinning is considered. The initial dissipation observed on the V-I characteristic is explained by the fractal properties of the cluster structure of the material.

Ключевые слова: пиннинг, вихрь, перколяция, фрактал, кластер.

Keywords: pinning, vortex, percolation, fractal, cluster.

Введение

Перспективный способ повышения критического тока сверхпроводников состоит в создании искусственных центров пиннинга [1, 2]. С этой целью могут быть использованы кластеры нормальной фазы, эффективно захватывающие магнитный поток [3, 4]. Примером сверхпроводящих композитов, содержащих включения нормальной фазы, являются высокотемпературные сверхпроводящие провода, изготовленные по технологии PIT (Powder In Tube) [5, 6]. Особый интерес представляет возможность использования в качестве центров пиннинга кластеров нормальной фазы с фрактальными границами [7]. Фрактальные кластеры, являясь объектами с дробной размерностью, обладают неоднородностями в широком диапазоне геометрических размеров [8], вплоть до диаметра кора вихря, что обеспечивает эффективный пиннинг [9]. Сверхпроводники, в состав которых входят фрактальные кластеры, обладают специфическими магнитными и транспортными свойствами, что оказывает сильное влияние на динамику магнитного потока [10]. Изучение особенностей ВАХ позволяет получать новую информацию о природе вихревого состояния в подобных материалах [11, 12]. Особый интерес представляет окрестность резистивного перехода, прежде всего начальный участок ВАХ, где

становится заметным падение напряжения на образце, свидетельствующее о начале диссипации [13, 14].

Постановка задачи

Рассмотрим сверхпроводник, содержащий включения нормальной фазы случайной формы. Будем считать, что характерные размеры этих включений существенно превосходят как длину когерентности, так и глубину проникновения магнитного поля. Прообразом подобной структуры является сверхпроводящий провод, армированный нормальным металлом для придания ему необходимых электрических и механических свойств. Конкретным примером такого рода являются композиты на основе висмутовых высокотемпературных сверхпроводников, армированных серебром, представляющие непосредственный практический интерес для создания обмоток магнитов и для передачи энергии без потерь [6, 15].

При пропускании через такой материал электрического тока он будет распространяться по сверхпроводящему перколяционному кластеру. Такой кластер образуется, если доля сверхпроводящей фазы выше порога протекания. Специфика задачи состоит в том, что сверхпроводящий перколяционный кластер не является однородным, а состоит из мезоскопических сверхпроводящих островков,

соединенных слабыми связями. При увеличении транспортного тока количество сверхпроводящих связей в составе сверхпроводящего кластера случайным образом снижается, по мере того как локальные токи, протекающие через те или иные слабые связи, начинают превышать критического значения, и соответствующие слабые связи становятся резистивными. Таким образом, переход сверхпроводника в резистивное состояние соответствует срыву перколяции по сверхпроводящему кластеру, то есть бесконечный сверхпроводящий кластер распадается на множество конечных кластеров. Это позволяет интерпретировать резистивный переход и сопутствующую ему диссипацию как индуцированное током критическое явление [13].

С другой стороны, рассеяние энергии в сверхпроводнике неразрывно связано с динамикой вихрей, поскольку именно движение магнитного потока индуцирует электрическое поле, возникновение которого приводит к появлению напряжения на образце [16]. Движение магнитного потока начинается лишь после срыва вихрей с центров пиннинга. До того момента, как сила Лоренца, создаваемая транспортным током, превысит силу пиннинга, магнитный поток остается захваченным в кластерах нормальной фазы. Эти кластеры представляют собой скопления включений нормальной фазы, объединенных общим захваченным потоком, и окруженных сверхпроводящей фазой. При этом депиннинг имеет перколяционный характер, при котором вихри будут двигаться по случайно возникающим

каналам транспорта, соединяющим между собой кластеры нормальной фазы. Такими каналами могут быть слабые связи, особенно легко образующиеся в высокотемпературных сверхпроводниках благодаря малой длине когерентности [17]. После срыва вихрей магнитный поток начинает двигаться от одного кластера к другому по слабым связям, ставшими проницаемыми для магнитного потока после того, как протекающий через них ток превысит критическое значение. Движение магнитного потока будет происходить вдоль границ областей с пониженным значением сверхпроводящего параметра порядка, формирующих слабые связи. В зависимости от структуры и расположения слабых связей каждый кластер нормальной фазы имеет свой ток депиннинга, который вносит вклад в общее распределение критических токов. Таким образом, слабые связи, соединяющие между собой кластеры нормальной фазы, образуют каналы транспорта вихрей и обеспечивают перколяцию магнитного потока. Одновременно в образце происходит перколяция электрического тока по сверхпроводящему перколяционному кластеру.

Будем считать, что точки входа в слабые связи однородно распределены вдоль протяженных частей включений нормальной фазы. В этом случае напряжение U , возникающее на сверхпроводнике при пропускании транспортного тока I , может быть представлено в виде интегрального отклика, в котором суммируются вклады от токов депиннинга всех кластеров:

$$U = R_f \int_0^I (I - I') f(I') dI' \quad (1)$$

где R_f - сопротивление течения потока, $f(I)$ - функция распределения токов депиннинга.

В случае экспоненциально-гиперболического распределения токов депиннинга уравнение (1)

$$u = r_f \left[i \exp(-Ci^{-2/D}) - C^{D/2} \Gamma\left(1 - \frac{D}{2}, Ci^{-2/D}\right) \right] \quad (2)$$

где $i \equiv I/I_c$ - безразмерный электрический ток, нормированный относительно критического тока перехода в резистивное состояние I_c , D - фрактальная размерность границы кластера, $C \equiv ((2+D)/2)^{2/D+1}$ - константа, зависящая от фрактальной размерности, $\Gamma(\nu, z)$ - дополнительная неполная гамма-функция. Безразмерное напряжение u и безразмерное сопротивление течения потока r_f связаны с соответствующими размерными величинами соотношением: $U/R_f = I_c(u/r_f)$.

На рис. 1 показаны ВАХ, рассчитанные по формуле (1). Из рисунка видно, что напряжение на

сводится к следующему выражению для ВАХ сверхпроводника, содержащего фрактальные кластеры нормальной фазы [9]:

образце возникает в диапазоне транспортных токов ниже критического ($i < 1$). При этом, чем выше фрактальная размерность, тем более растянут участок начальной диссипации на ВАХ. Для дальнейшего рассмотрения удобно ввести ток i_{on} , с которого начинается этот участок, определив величину этого тока по уровню разрешения измеряемого напряжения. На вставке рис. 1 стрелками показаны значения начального тока i_{on} , соответствующие уровню разрешения по напряжению $10^{-5}u/r_f$. Из рисунка видно, что с ростом фрактальной размерности границ кластеров величина начального тока падает, что эквивалентно расширению области начальной диссипации.

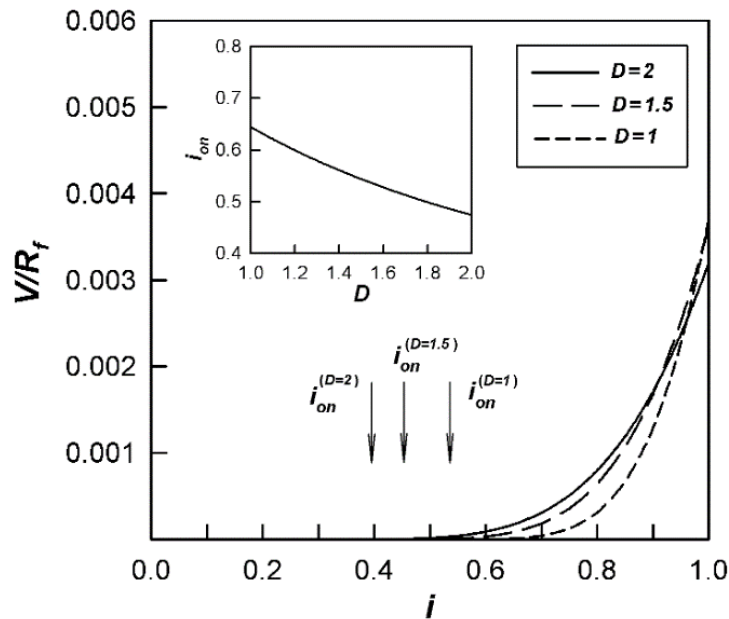


Рис. 1 - Начальный участок ВАХ при различных значениях фрактальной размерности. Стрелками показаны значения начального тока i_{on} на уровне разрешения по напряжению $10^{-5}u/r_f$.

Сравнение с экспериментом

Диссипация на начальной стадии резистивного перехода наблюдалась в экспериментах по высокоразрешающим измерениям дифференциального сопротивления сверхпроводящих композитов $(\text{BiPb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+y}$, содержащих включения нормальной фазы Ag (BPSCCO/Ag) [13]. Образцы в виде армированных лент были изготовлены по стандартной РИТ-технологии [18]. ВАХ были получены интегрированием зависимостей дифференциального сопротивления от тока, которые измерялись экспериментально. Разрешение по дифференциальному сопротивлению составляло $1\mu\Omega$, что соответствовало эквивалентному разрешению по напряжению 1.5nV при переменной составляющей тока 1.5mA [13].

Дифференциальное сопротивление R_d пропорционально плотности вихрей $n = (B/\Phi_0)\exp(-Ci^{-2/D})$, сорванных с центров пиннинга током i :

$R_d = R_f(\Phi_0/B)n$, где B - магнитное поле, $\Phi_0 \equiv hc/(2e)$ - квант магнитного потока, h - константа Планка, c - скорость света, e - заряд электрона. Диссипация в сверхпроводнике обусловлена именно движением этих вихрей, которое приводит к появлению электрического напряжения на образце.

На рис. 2 представлена ВАХ одного из таких образцов [13]. Величина сопротивления течения потока, определяющая асимптотический наклон ВАХ сверхпроводника в резистивном состоянии, составляет $R_f = 560\mu\Omega$. Значение критического тока резистивного перехода $I_c = 0.8\text{A}$ было определено по точке пересечения оси абсцисс и касательной, проведенной через точку перегиба к кривой зависимости дифференциального сопротивления от тока. Далее, для этих значений параметров по формуле (2) была рассчитана ВАХ, показанная на рис. 2 сплошной линией. Чтобы в наибольшей степени выявить эффекты,

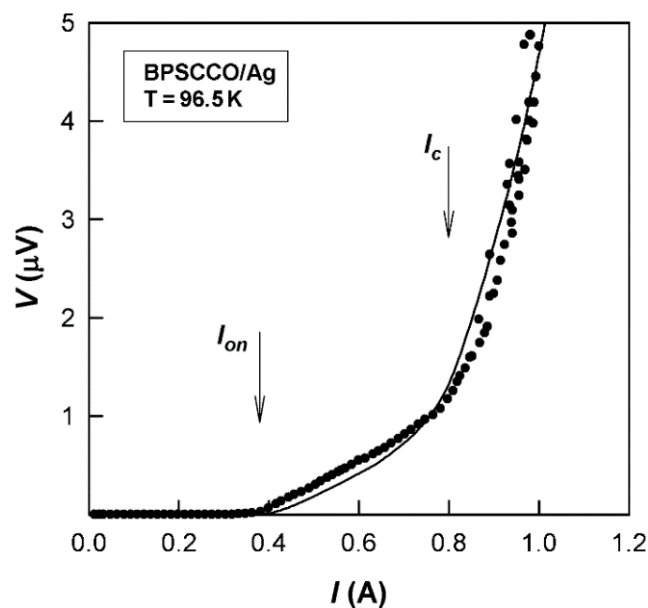


Рис. 2 - Экспериментальная ВАХ сверхпроводящего композита BPSCCO/Ag (точки), полученная в работе [13], и соответствующая ей теоретическая кривая при фрактальной размерности $D = 2$. Стрелками отмечены ток начала диссипации I_{on} и ток резистивного перехода I_c .

обусловленные фрактальными свойствами кластерной структуры сверхпроводника, было взято максимально возможное значение фрактальной размерности $D = 2$. В этом случае значение тока начала диссипации, рассчитанное на уровне $10^{-5} u/r_f$, составляет $I_{on} = 0.38A$ (см. также вставку на рис.1). Как видно из рис. 2, теоретическая кривая находится в хорошем согласии с экспериментальными данными: характерная черта ВАХ состоит в том, что она не начинается точно со значения критического тока I_c , а имеется хорошо заметный начальный участок, начинающийся с тока I_{on} . В то же время, имеются и отличия: теоретическая кривая проходит ниже экспериментальных точек при значениях тока $I < I_c$. Это отличие может быть объяснено тем, что теоретическая ВАХ была рассчитана для постоянной фрактальной размерности, тогда как экспериментальные данные относятся к ситуации, когда фрактальная размерность не постоянна в различных частях ВАХ, поскольку ее значение управляется транспортным током. В самом деле, при индуцированном током резистивном переходе топология сверхпроводящего кластера может меняться с ростом транспортного тока. По мере того, как все большее число слабых связей переходят в резистивное состояние, сверхпроводящий кластер становится все менее разветвленным. Это может привести к снижению фрактальной размерности кластеров нормальной фазы, поскольку граница раздела сверхпроводящей и нормальной фаз становится менее изрезанной. При этом следует учитывать, что эта граница раздела фаз проходит по области с пониженным значением сверхпроводящего параметра порядка, окружающей включения нормальной фазы, и ее положение не фиксировано в пространстве, а зависит от величины транспортного тока. Поэтому зависимость фрактальной размерности от тока

может быть достаточно сложной. При увеличении транспортного тока фрактальная размерность снижается, поэтому экспериментальные точки на рис. 2 соответствуют не единственной теоретической кривой, построенной для фиксированной фрактальной размерности, а семейству кривых ВАХ, по которым с увеличением тока будут происходить перекоки с одной кривой на другую с понижением фрактальной размерности. Чем меньше значение фрактальной размерности, тем ниже проходят кривые на начальном ($i_{on} < i < i_c$) участке ВАХ, (см. основной график на рис.1).

Заключение

Изучено влияние фрактальных кластеров нормальной фазы на ВАХ перколяционных сверхпроводников в области резистивного перехода. Основным результатом работы является то, что экспериментально наблюдаемый начальный участок диссипации в сверхпроводящих композитах на основе соединений BPSCCO/Ag обусловлен влиянием кластеров нормальной фазы с фрактальными границами на динамику магнитного потока.

Список литературы

1. Matsushita T. Flux Pinning in Superconductors. / Springer Ser. in Solid-State Sciences, vol. 198, ed. by K. von Klitzing, H.-J. Queisser, B. Keimer, A. Gulian, S. Rogge - Berlin - Heidelberg: Springer-Verlag, 2022. 493 p.
2. Wu J., Panth M., Ogunjimi V., Gautam B., Shi J., Sebastian M.A., Haugan T., Ebbing C., Zhang D., Jian J., Huang J., Zhang Y., Wang H. Artificial pinning centers and the quest of high critical current densities in HTS nanocomposites. IEEE Transactions on Applied Superconductivity. 2023. vol. 33. no. 5. P. 8000908 (1-6).

3. MacManus-Driscoll J.L., Wimbush S.C. Processing and application of high-temperature superconducting coated conductors. *Nature Reviews - Materials*. 2021. vol. 6. no. 3. P. 587-604.
4. Moshchalkov V.V., Fritzsche J. Nanostructured superconductors. Singapore: World Scientific, 2011. 299 p.
5. Jiang J., Hossain S.I., Barua S., Oloye T.A., Kvitkovic J., Kametani F., Trociewitz U.P., Hellstrom E.E., Larbalestier D.C., Bugaris D.E., Goggin C., Huang Y., Parrell J.A., Shen T. Performance and microstructure variation with maximum heat treatment temperature for recent Bi-2212 round wires. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. 2023. vol. 33. no. 5. P. 6400105 (1-6).
6. Rogers J.S., Elliott T., May G.D., McIntyre P.M., Ratcliff C.T., Sattarov A. Development of multi-filament textured-powder Bi-2212/Ag wire with enhanced local area ratio. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. 2021. vol. 31. no. 5. P. 6400605 (1-5).
7. Kuzmin Yu.I. Fractal geometry of normal phase clusters and magnetic flux trapping in high-T_c superconductors. *Physics Letters A*. 2000. vol. 267. no. 1. P. 66-70.
8. Mandelbrot B.B. *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco: Freeman, 1982. 497 p.
9. Kuzmin Yu.I. Dynamics of the magnetic flux trapped in fractal clusters of normal phase in a superconductor. *Physical Review B*. 2001. vol. 64. no. 9. P. 094519 (1-13).
10. Kuzmin Yu.I. Vortex dynamics in percolative superconductors containing fractal clusters of a normal phase. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. 2005. vol. 15. no. 2. P. 3750-3753.
11. Blatter G., Feigelman M.V., Geshkenbein V.B., Larkin A.I., Vinokur V.M. Review of Modern Physics. 1994. vol. 66. no. 4. P. 1125-1388.
12. Barua S., Davis D.S., Oz Y., Jiang J., Hellstrom E.E., Trociewitz U.P., Larbalestier D.C. Critical current distributions of recent Bi-2212 round wires. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. 2021. vol. 31. no. 5. P. 6400406 (1-6).
13. M. Prester M. Experimental evidence of a fractal dissipative regime in high-T_c superconductors. *Physical Review B*. 1999. vol. 60. no. 5. P. 3100-3103.
14. Prester M., Kováč P., Hušek I. Initial dissipation and a finite size effect in inhomogeneous superconductors: The case of BPSCCO/Ag tapes. *Proceedings of SPIE - Superconducting and Related Oxides: Physics and Nanoengineering III*, vol. 3481, ed. by D. Pavuna, I. Bozovic - 1998. P. 60-67.
15. Jiang J., Hossain S.I., Oloye T.A., Oz Y., Barua S., Cooper J., Miller E., Huang Y., Parrell J.A., Kametani F., Trociewitz U.P., Hellstrom E.E., Larbalestier D.C. Effects of wire diameter and filament size on the processing window of Bi-2212 round wire. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. 2021. vol. 31. no. 5. P. 6400206 (1-6).
16. Kuzmin Yu.I. Electric field induced by magnetic flux motion in superconductor containing fractal clusters of a normal phase. *Physics Letters A*. 2001. vol. 281. no. 1. P. 39-43.
17. Koblishka-Veneva A., Sakai N., Tajima S., Murakami M. *YBCO / Handbook of superconducting materials*, vol. 1, ed. by D.A. Cardwell, D.S. Ginley - Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 2003. P. 893-945.
18. Kováč P., Hušek I., Pachla W., Melišek T., Kliment V. The effect of fabrication pressure on critical transport current density in press-sinter processing of Bi(2223)Ag tapes. *Superconductor Science and Technology*. 1995. vol. 8. no. 5. P. 341-346.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОТЛОЖЕНИЙ В ТРУБАХ С ПОПЕРЕЧНО КОЛЬЦЕВЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ

*Василевский Н.С., Мунц В.А., Мунц Ю.Г.
УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,
г. Екатеринбург, ул Мира 19*

EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR DETERMINING DEPOSITS IN PIPES WITH CROSS-RING TURBULIZERS

*N.S. Vasilevsky, Munts V.A., Munts Yu.G.
UrFU named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Mira street 19*

АННОТАЦИЯ

В работе представлена экспериментальная установка для определения влияние интенсификаторов теплообмена на процесс образования отложений в трубах, представлены результаты полученных экспериментов и вывод о влиянии профиля трубы на отложения.

ABSTRACT

The paper proposes an experimental setup to determine the influence of heat transfer intensifiers on the process of deposit formation in pipes, presents the results of the experiments obtained and conclusions about the influence of the pipe profile on deposits.

Ключевые слова: интенсификация теплообмена, отложения, теплообменные аппараты

Key words: intensification of heat transfer, deposits, heat exchangers.

Введение. Одним из способов интенсификации теплообмена служит установка поперечно кольцевых турбулизаторов (Рис. 1). Их влияние на теплообмен и гидравлику хорошо

описано в работах [1.2]. Для определения влияния на образования отложений был создан экспериментальный стенд.

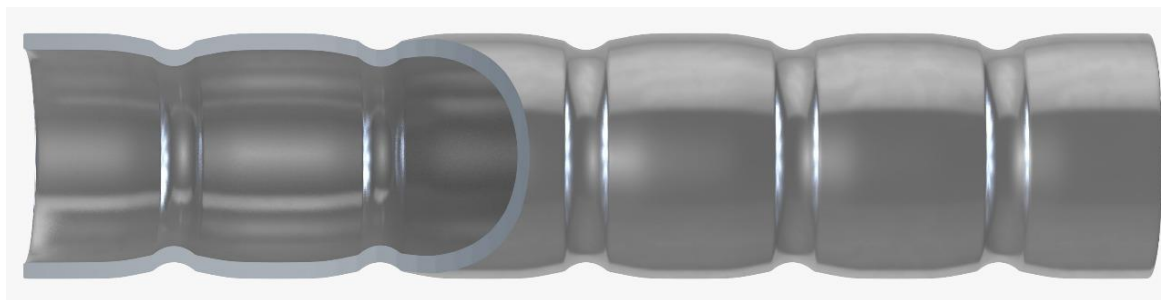


Рис. 1. Поперечно кольцевый турбулизаторы

1. Описание лабораторной установки.

Экспериментальный стенд состоит из двух основных теплообменников типа «труба в трубе» (I и II) и трех контуров: солевой, греющий и охлаждающий. Солевой состоит из двух теплообменников (нагревателя и охладителя), циркуляционного насоса (1), насосов-дозаторов (3) реагентов, баков реагентов (7) и бака-ресивера (5), используемого для перемешивания реагентов перед подачей в контур, отбора проб и слива избыточного солевого раствора. Теплообменник-нагреватель предназначен для нагрева поверхности исследуемой трубы, внутри которой происходит процесс образования отложений. Теплообменник охладитель предназначен для создания стационарных условий работы стенда и предотвращения выпадения солей на прочих

элементах контура посредством отведения теплоты от солевого раствора. Греющий контур помимо теплообменника-нагревателя включает котел (4), бак-расширитель (8) и циркуляционный насос (2). Охлаждающий контур представлен теплообменником-охладителем и линиями подачи и отвода охлаждающей сетевой воды.

Модель стенда представлена на Рис. 2.

По замкнутому солевому контуру при помощи насоса 1 циркулирует насыщенный солями раствор. Раствор циклически нагревается и охлаждается во внутренних трубках теплообменников (I и II). Для нагрева раствора в кольцевом зазоре теплообменника (I) по замкнутому контуру под действием насоса (2) движется горячая вода, нагреваемая электродом (4), при этом температура стенки

внутренней трубы нагревателя поддерживается на уровне не менее 70 °С для создания условий выпадения солей из раствора. Далее раствор охлаждается в теплообменнике (II), в кольцевом канале которого движется холодная сетевая вода; расход воды регулируется с помощью крана (20). Оптимальная скорость движения солевого раствора 1,2 м/с устанавливается с помощью

регулирующего крана (28) и контролируется с помощью расходомера-счетчика (6). Уровень отложений в трубке нагревателя измеряется по увеличению гидравлического сопротивления с помощью U-образного дифференциального манометра (9) и температуры стенки внутренней трубы на выходе из теплообменника (I).

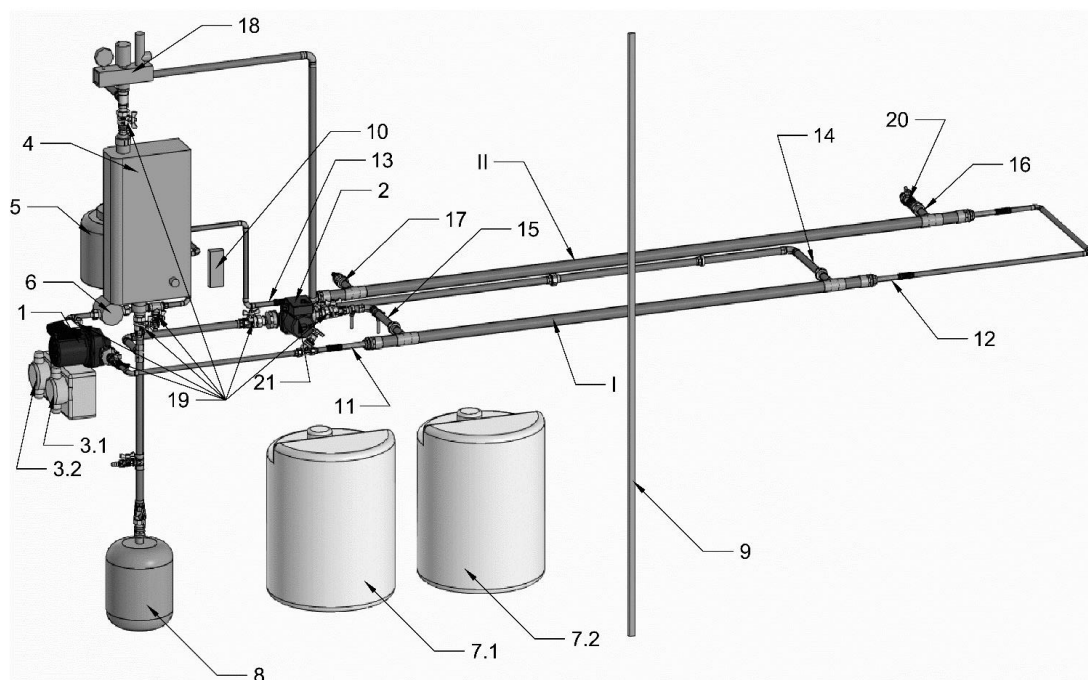


Рис. 2. Модель экспериментальной установки

I – нагреватель типа «труба в трубе», II – охладитель типа «труба в трубе» I – насос солевого раствора, 2 – насос греющего контура, 3 – насосы дозаторы, 4 – электрический котел, 5 – бак солевого раствора, 6 – расходомер-счетчик, 7 – баки растворов, 8 – расширительный бак, 9 – U-образный дифференциальный манометр, 10 – мультимонитор, 11-17 – термопары, 18 – группа безопасности котла, 19 – отсечные краны, 20 – кран охлаждающей воды, 21 – регулирующий кран.

Для поддержания концентрации раствора в солевом контуре производится постоянное дозирование реагентов хлористого кальция CaCl_2 и карбоната натрия Na_2CO_3 в бак (5). Реагенты подаются насосами-дозаторами (3) из баков (7). Концентрация солей (ионов Na^+ и Cl^-) в циркулирующем растворе определяется с помощью кондуктометра (10), датчики которого находятся в баке (5). Избытки раствора сливаются из бака (5) в канализацию по линии перелива.

В процессе работы стенда проводятся измерения температур раствора на входе и выходе теплообменников по солевому, греющему и охлаждающему контурам. Температуры измеряются с помощью термопар (11-17). Для сбора данных на электронный

носитель установлены 7 термопар; вход и выход циркулирующего раствора в нагревателе и выход циркулирующего раствора в охладителе, температура нагревающей воды вход/выход и температура охлаждающей воды вход/выход.

2. Параметры эксперимента.

Было проведено 50 экспериментов, длительностью 30 часов. Проведены эксперименты на 5 видах труб: гладкая труба, труба с высотой выступа 0,4 мм, труба с высотой выступа 0,6 мм, труба с высотой выступа 0,8 мм, труба с высотой выступа 1 мм. Шаг турбулизаторов на всех трубках – 10 мм. Диаметр трубки 16 мм, толщина стенки 1 мм (Рис. 3). Материал трубок – нержавеющая сталь. Параметры трубы подставлены в таблице ниже.

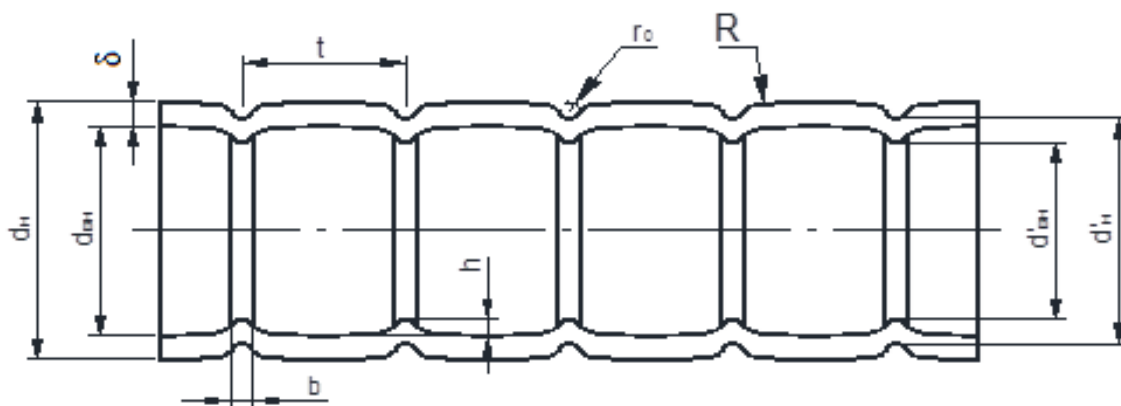


Рис. 3. Схема параметров трубы

Общая номинальная длина труб	$L_{об}$	м	1,8
Наружный диаметр труб	d_n	мм	16,00
Внутренний диаметр трубки	d_{in}	мм	14,00
Толщина стенки труб	δ_{np}	мм	1,00
Высота выступа на внутренней части трубы	h	мм	0,4 – 1
Шаг накатки	t	мм	10,00
Радиус кривизны образующей	R	мм	22,10
Радиус кривизны канавки	R_0	мм	1,00

3. Результаты экспериментов.

Для каждого эксперимента производилось измерение веса трубки до и после эксперимента,

определялась масса отложений, и их количество на 1 м трубы.

	Чистая труба, г	Грязная труба, г	Отложения, г	Удельные отложения, г
Гладкая труба	848,1	860,56	12,46	6,23
Накатка 1 мм	637,1	646,45	9,35	5,25
Накатка 0,6 мм	643	653,62	10,62	5,97
Накатка 0,4 мм	621	631,95	10,95	6,15

Вывод: экспериментально было выяснено, что глубина выступа турбулизатора напрямую влияет на количество отложений, образующихся на поверхности стенки. С выступом количество отложений, образующихся на стенке за один и тот же период времени меньше, чем на гладкой трубе на 15,7%. Уменьшение выступа постепенно подводит количество отложений к значению гладкой трубы. При эксперименте в 50 часов, различия между гладкой и накатанной трубой не наблюдаются – обе зарастают до падения температуры стенки ниже 60 °С.

Литература

1. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочин А.С. Эффективные поверхности теплообмена. - М.: Энергоатомиздат, 1998. - 408 с.: ил.
2. Попов, И.А. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Интенсификация теплообмена: монография / И.А.Попов, Х.М.Махьянов, В.М.Гуреев; под общ. ред. Ю.Ф.Гортышова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с.

УДК 1418

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ**Ледяйкина О.В.**

Аспирант. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Институт Архитектуры и Строительства, кафедра прикладной механики, Россия, Республика Мордовия, г. Саранск, 430000, ул. Советская, 24,

Ледяйкин Н.В.

Аспирант. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Институт Архитектуры и Строительства, кафедра строительных материалов и технологий, Россия, Республика Мордовия, г. Саранск, 430000, ул. Советская, 24,

Мартынов А.А.

Аспирант. Аспирант. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Институт Архитектуры и Строительства, кафедра строительных материалов и технологий, Россия, Республика Мордовия, г. Саранск, 430000, ул. Советская, 24,

THE STUDY OF MODIFIED CONCRETES BY ULTRASONIC METHOD

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.116.1954

АННОТАЦИЯ

Для определения эксплуатационной надёжности зданий и сооружений осуществляют обследование строительных конструкций. Основная задача обследования заключается в выявлении признаков, характеризующих образование дефектов строительных конструкций зданий, сооружений, а также в установлении возможных отклонений, что необходимо для поддержания нормального режима при эксплуатации объектов. Своевременный контроль фактического состояния конструкций гарантирует надёжную и долговременную эксплуатацию сооружений в будущем. При этом применение неразрушающего метода контроля качества материалов считается одним из эффективных решений данной проблемы.

ABSTRACT

Объектом исследования являются мелкозернистые бетоны с комплексными добавками: «Эдванс Ультра», «Суперпласт Прима», «Суперпласт Стандарт». Целью работы являлось изучение физико-механических свойств разработанных цементных образцов с разными модификаторами ультразвуковым методом. В статье представлены результаты изменения прочности, времени и скорости прохождения ультразвука в составах с добавками. Наиболее прочными и стойкими являются составы композитов с пластификатором «Эдванс Ультра». Таким образом, введение в составы модификаторов, используемых в работе, способствует улучшению физико-механических свойств бетонов.

To determine the operational reliability of buildings and structures, a survey of building structures is carried out. The main task of the survey is to identify signs characterizing the formation of defects in building structures of buildings, structures, as well as to establish possible deviations, which is necessary to maintain normal operation of facilities. Timely monitoring of the actual condition of structures guarantees reliable and long-term operation of structures in the future. At the same time, the use of a non-destructive method of material quality control is considered one of the effective solutions to this problem.

The object of the study is fine-grained concretes with complex additives: Advans Ultra, Superplast Prima, Superplast Standard. The aim of the work was to study the physico-mechanical properties of the developed cement samples with different modifiers by ultrasonic method. The article presents the results of changes in the strength, time and speed of ultrasound transmission in formulations with additives. The most durable and resistant compositions are composites with the plasticizer "Advans Ultra". Thus, the introduction of modifiers into the compositions used in the work contributes to the improvement of the physical and mechanical properties of concrete.

Ключевые слова: мелкозернистые бетоны, пластификатор, комплексные добавки, ультразвуковой метод, прочность, скорость ультразвука.

Keywords: fine-grained concrete, plasticizer, complex additives, ultrasonic method, strength, ultrasound speed.

При строительстве и эксплуатации зданий и сооружений осуществляется контроль различных свойств строительных материалов, образующих изделия и конструкции, при этом одним из основных свойств является прочность бетона и бетонных конструкций [1, 2]. В качестве нормативного показателя, учитывающего

возможные колебания качества бетона, выступает класс бетона, который, как правило, определяют по величине гарантированной прочности на сжатие с обеспеченностью 0,95. Однако очень специалистами часто существует разница между прочностью бетона монолитных конструкций и прочностью бетона, которая определяется по

результатам испытаний контрольных образцов, изготовленных на строительной площадке из той же бетонной смеси [3, 4]. Это связано отличиями в технологии изготовления образцов, укладки бетона непосредственно в конструкции, в его твердении и т.д. Это различие особенно увеличивается при проведении работ преимущественно в зимних условиях.

Для определения прочности при контроле качества существуют большое количество различных методов, которые в большинстве случаев принято делить на разрушающие и неразрушающие [4, 6]. Эффективным решением данной ситуации является контроль прочности бетона в самих конструкциях неразрушающими методами.

Рассматриваемая проблема на сегодняшний день является актуальной, так как с увеличением темпов строительства и ростом количества обследуемых зданий, важно использовать более современные методы контроля качества и определения прочности бетона. Это связано с возрастанием точности показаний приборов и развитием науки. По данной причине, одним из лучших способов для этого считается ультразвуковой контроль, который способен дать точные результаты и большое количество косвенных данных, позволяющих вовремя совершить необходимые мероприятия, направленные на повышение эксплуатационной надёжности зданий [7].

По точности ультразвуковой метод уступает лишь разрушающему, однако он является более удобным и показывает целостную картину всего происходящего внутри материала. С максимальной точностью ультразвуковой анализ бетона дает возможность вычислить его истинную прочность. Поэтому, нет необходимости выводить объект из работы. Данный метод считается абсолютно безопасным для человека, предоставляет возможность определить долговечность бетонных конструкций, исследуя кинетику изменения различных показателей [8]. В широком смысле данный метод направлен на установление свойств исследуемого материала при помощи ультразвука.

Ультразвуковой метод, как правило, рекомендуют использовать для исследования тяжелых бетонов с прочностью на сжатие 5 – 50 МПа, а также при температуре на поверхности конструкции 5 – 40 °С. Метод основан на регистрации зависимости скорости распространения ультразвуковой волны в бетоне от его структуры и свойств [9]. Ультразвук, представляет собой, механические колебания упругой среды, частота которой изменяется от 20 кГц до 20МГц, что превосходит диапазон слышимости человеческого уха. Изучить прочность бетона ультразвуковым методом можно несколькими способами: 1) сквозное ультразвуковое «просвечивание», когда датчики контроля находятся с двух сторон образца; 2) поверхностное ультразвуковое «просвечивание»,

когда датчики контроля расположены только с одной стороны испытуемого материала.

Ультразвуковой метод абсолютно не наносит вреда бетонной конструкции, что является огромным преимуществом. К плюсам можно отнести и тот факт, что после построения градуировочной зависимости совершенно нет необходимости производить долгие вычисления, направленные на определения скорости или времени прохождения ультразвука, можно достаточно быстро и с высокой точностью подсчитать фактическую прочность [6]. Данный метод дает возможность собрать подробную информацию не только в поверхностных слоях материала, но и о внутреннем его строении, за счёт того, что ультразвук проходит через все «тело» бетонной конструкции. Т.е. можно получить совершенно данные не только о пустотности и пористости материала, но и о внутренних трещинах. Подобная информация позволяет выявить причины подобных проявлений и установить является ли эта проблема статичной или прогрессирующей. Помимо этого, благодаря ультразвуковым исследованиям можно контролировать качество бетонирования, определять глубину бетонирования и т.д [8].

К минусам ультразвукового метода относят недостаточную точность, предоставить которую может только разрушающий метод контроля, но на сегодняшний день, современные приборы контроля не имеют большого разброса с разрушающими методами и различаются всего лишь на 1 %. Следовательно, всегда можно получить актуальные данные о состоянии бетонной конструкции. Но все же отнести данный метод к универсальному нельзя, ввиду того, что на скорость распространения ультразвука воздействует как прочность бетона, так и большое количество других факторов, например, крупность заполнителя, технология приготовления бетона, степень уплотнения [7].

Ультразвуковой способ дает возможность производить большое количество испытаний бетонных изделий любой формы и конфигурации, делать это многократно, к тому же вести постоянный онлайн-контроль увеличения или снижения прочности бетонных конструкции [1].

Цель данной работы заключается в изучении модифицированных мелкозернистых бетонов ультразвуковым методом.

Задачи исследования:

1. Изучить литературу, практический опыт в области исследования ультразвуковым методом бетонов и изделий из них.
2. Рассмотреть основные свойства заполнителя, пластификатора и комплексных добавок.
3. Разработать составы мелкозернистых бетонов и исследовать их свойства ультразвуковым методом.
4. Выявить наиболее прочные и стойкие составы модифицированных бетонов.

Материалы и методы

Для изготовления образцов использовался портландцемент класса Цем 1 42,5 Б (производитель ООО «Сенгилеевский цементный завод»), мелкий заполнитель – кварцевый песок Моргинского песчаного карьера Республики Мордовия, а также добавки «Эдванс Ультра», «Суперпласт Прима» и «Суперпласт Стандарт» (производитель ООО «Восток», г. Владимир РФ).

Определение скорости прохождения ультразвука выполнялось на образцах мелкозернистых бетонов размером 10х10х10 см. Испытания образцов проводили после отверждения в нормальных температурно-влажностных условиях через 28 суток. Для проведения исследований использовали портативный прибор «Пульсар-2.1» в соответствии с ГОСТ 17624–87. Данный прибор применяется для изучения свойств и дефектоскопии твёрдых материалов в зависимости от изменения времени и скорости распространения ультразвука при поверхностном и сквозном прозвучивании. «Пульсар-2.1» ориентирован на тяжёлый бетон средних марок. Прибор имеет определенные рабочие условия эксплуатации: температура воздуха варьируется в диапазоне от -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$, относительная влажность должна быть до 80% при $t=+20$ и ниже, атмосферное давление 84 – 106,7 кПа.

Оценка скорости прохождения ультразвука в бетоне выполнялась способом сквозного прозвучивания, база которого составляла 100 мм [10]. При работе с прибором в начале подсоединялись к нему с помощью комплекта кабелей датчики, затем выполнялась калибровка «Пульсар-2.1» с целью периодической проверки исправности прибора, датчиков соединительных кабелей. Следующим этапом являлась подготовка к измерениям, т.е. установление необходимых параметров. После чего следовал сам процесс измерений.

На рабочую часть датчиков наносилась техническая смазка, устанавливались датчики соосно по линии прозвучивания на противоположных сторонах контролируемого образца, прижимались и притерались к поверхности. Для каждого образца производили три измерения. При этом обеспечивалось, чтобы на поверхности образцов бетона не было пыли, а в зоне контакта датчиков с поверхностью материала – раковин, воздушных пор диаметром больше 6 мм, выступов [10].

Результаты и их анализ

Полученные результаты со свойствами модифицированных бетонов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Относительные физико-механические показатели мелкозернистых бетонов

№ состава	Вид комплексной добавки	*Количество добавки, л	Скорость прохождения ультразвука	Прочность	Время
1	Эдванс Ультра	0,057	1,07	1,08	0,89
2		0,286	1,17	1,60	0,84
3		0,515	1,21	2,09	0,80
4		0,744	1,19	2,05	0,80
5	Суперпласт Прима	0,088	1,06	1,02	0,90
6		0,132	1,11	1,23	0,89
7		0,176	1,14	1,35	0,86
8		0,220	1,14	1,32	0,87
9	Суперпласт Стандарт	0,098	1,09	1,11	0,89
10		0,163	1,13	1,27	0,88
11		0,228	1,14	1,37	0,85
12		0,293	1,14	1,35	0,87
13	–	–	1	1	1

*Примечание: количество добавки рассчитано на 10 кг вяжущего.

Из приведённых в таблице 1 данных, видно, что относительные значения скорости ультразвука, времени, прочности у модифицированных составов выше значений контрольного (бездобавочного) состава №13. Так при увеличении количества пластификатора «Эдванс Ультра» (составы №1 – 4) относительные значения скорости ультразвука изменились от 1,07 у.е. до 1,19 у.е., прочности 1,08 у.е. до 2,05 у.е., времени от 0,89 у.е. до 0,80 у.е. Наилучшие результаты были достигнуты у образцов состава №3. (количество добавки составляет 0,515 л). Видно, что скорость ультразвука в цементных композитах состава №3 выше на 13,08% показателей состава №1.

С повышением в составах №5 – 8 концентрации комплексной добавки «Суперпласт Прима» физико-механические показатели возрастают, а именно, скорость прохождения ультразвука с 1,06 у.е. до 1,14 у.е., прочность при сжатии с 1,02 у.е. до 1,32 у.е. При этом более лучшими характеристиками составов с модификатором «Суперпласт Прима» (содержание – 0,176 л) обладает состав №7. В этом случае относительные значения прочности образцов состава №7 больше в 1,32 раза чем состава №1 с минимальным количеством добавки.

Анализируя данные составов №9 – 12 с модифицирующей добавкой «Суперпласт Стандарт», видно, что относительные значения скорости

прохождения ультразвука изменились с 1,09 у.е. до 1,14 у.е., прочности при сжатии с 1,11 у.е. до 1,35 у.е., времени с 0,89 у.е. до 0,87 у.е. С указанным пластификатором более лучшим является состав №11 (количество «Суперпласт Стандарт» – 0,228 л).

Выводы

1. Приводятся установленные результаты исследования физико-механических характеристик образцов мелкозернистых бетонов с различными модифицирующими добавками с помощью ультразвукового портативного прибора «Пульсар-2.1».

2. Установлено, что введение пластификатора «Эдванс Ультра» в количестве 0,515 л (состав №3) и комплексных добавок «Суперпласт Прима»– 0,176 (состав №7) л и «Суперпласт Стандарт» 0,228 л (состав №11) дает возможность получить материалы с более высокими физико-механическими свойствами.

3. Испытания показали, что наилучшие относительные показатели скорости прохождения ультразвука в бетоне, прочности при сжатии и времени были достигнуты с добавкой «Эдванс Ультра».

Список литературы

1. Ерофеев В.Т., Дергунова А.В. Экономическая эффективность повышения долговечности строительных конструкций // Строительные материалы. 2008. № 2. С. 88-89.

2. Максимова И.Н., Макридин Н.И., Ерофеев В.Т., Скачков Ю.П. Структура и конструкционная прочность цементных композитов: монография. М.: Издательство АСВ, 2017. 400 с

3. Казначеев С.В., Спиринов В.А., Богатов А.Д., Ерофеев В.Т. Композиционные материалы контактно-конденсационного твердения на основе стеклобоя // В сборнике: Наука и инновации в

Республике Мордовия: материалы IV Республиканской научно-практической конференции. 2005. С. 520-525.

4. Леонович С.Н., Снежков Д.Ю., Мулярчик В.С. Результаты мониторинга прочностных характеристик монолитных бетонных плит на основе неразрушающих методов контроля // Строительство и архитектура: материалы XI Междунар. науч.-метод. межвузовского семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь». Брест: БрГТУ, 2004 Ч. 2 С. 115-121.

5. Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Ларионов Е.А., Римшин В.И. К вопросу длительной прочности бетона // Архитектура. Строительство. Образование. 2014. № 2 (4). С. 32-43.

6. Клюев В.В., Соснин Ф.Р., Ковалев А.В. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник. М.: Машиностроение, 2003. 656 с.

7. Изготовление и контроль качества строительных конструкций: Сб. науч. тр / НИИ бетона и железобетона, НИИ строит. конструкций; Под ред. Д.А. Коршунова. - М.: НИИЖБ НИИСК, 1987. - 86 с.

8. Снежков Д.Ю. Неразрушающий контроль бетона в монолитном строительстве: совершенствование средств и методов // Д.Ю. Снежков, С.Н. Леонович. Минск: БНТУ, 2006 218 с.

9. Почтовик Г.Я., Липник В.Г., Филонидов А.М. Дефектоскопия бетона ультразвуком в энергетическом строительстве // М.: Энергия, 1977. – 123 с.

10. ГОСТ 17624–2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. Введ. 01.01.2014. 16 с.

УДК 656.13

ТЕНДЕНЦИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Новиченко А.И., Некрасов С.И., Анисимов А.В.

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

TRENDS IN THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF TRANSPORT LOGISTICS SYSTEMS

A.I. Novichenko, S.I. Nekrasov, A.V. Anisimov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazev St, Moscow, 127434, Russia

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2024.1.116.1955

АННОТАЦИЯ

В статье перечислен функционал информационных логистических решений для автоматизации процессов транспортировки и хранения грузов, сопровождения и учета. Представленные технологии помогают сократить вероятность ошибок и снизить роль человеческого фактора в работе, а также способствуют повышению продуктивности складских и транспортно-логистических операций как самого предприятия, так и партнеров по цепи поставки. Также представлены некоторые предложения по улучшению транспортно-логистических систем, основанные на методах имитационного моделирования производственных процессов.

ABSTRACT

The article lists the functionality of information logistics solutions for automating the processes of transportation and storage of goods, tracking and accounting. The presented technologies help reduce the likelihood of errors and reduce the role of the human factor in work, and also help increase the productivity of warehouse and transport and logistics operations of both the enterprise itself and supply chain partners. Some proposals for improving transport and logistics systems are also presented, based on methods of simulation of relevant production processes.

Ключевые слова: транспортная логистика, инновации на транспорте, транспортно-логистические системы, интеллектуальные системы управления, имитационное моделирование производственных процессов.

Keywords: transport logistics, innovations in transport, transport and logistics systems, intelligent control systems, simulation modeling of production processes.

Введение. Роль логистики в экономике России набирает все большее внимание. Это обусловлено тем, что до 35% стоимости товара затрачивается на его транспортировку, хранение и упаковку. Такие логистические издержки влияют на конечную цену товара, что является важным фактором для потребителей. Для снижения логистических издержек нужно обратить внимание на преобразования в транспортной логистике.

Значимость логистики в экономике России заключается в обеспечении безопасной, эффективной и своевременной доставки товаров. Она также оказывает влияние на конкурентоспособность и экономический рост компаний и страны в целом. Анализ доли затрат на транспортировку, хранение и упаковку товаров позволяет понять, как эти издержки влияют на цены товаров. Примеры снижения логистических издержек демонстрируют, как это положительно сказывается на конечной цене товаров.

Для сокращения логистических издержек необходимо внести преобразования в транспортную логистику. Технологии и инновации помогут оптимизировать процессы доставки и хранения товаров. Автоматизация и улучшение работы складов и транспортных средств также способствуют оптимизации логистики. Развитие инфраструктуры и логистических узлов позволит оптимально организовать поставки.

Цель исследования. Снижение логистических издержек через преобразования в транспортной логистике способствует снижению цены товаров. Это в свою очередь способствует повышению конкурентоспособности компаний и развитию экономики России в целом. Продолжающаяся работа по оптимизации логистических процессов является неотъемлемой частью стратегии развития современной экономики.

В настоящее время одним из наиболее оптимальных методов развития транспортной логистики являются инновации. Инновационные решения включают в себя развитие и улучшение технологических процессов.

В России развитие этих процессов идет гораздо медленнее, чем в странах Западной Европы и США. Это происходит потому что, в последние годы, развитие транспортной логистики в России было на заднем плане, а основное внимание уделялось оптимизации складской логистики [1].

Существует значительное различие в инфраструктурной поддержке транспортной системы между Россией и другими развитыми странами, что негативно сказывается на конкурентоспособности российских товаров. В современное время рынок транспортных услуг активно развивается, а применение новых информационных технологий и телекоммуникационных систем передачи информации в сочетании с логистическими методами транспортировки груза позволяет осуществить оптимальную цепь действий в области доставки грузов от производителя к потребителю в кратчайшие сроки. В связи с этим, появляются современные технологии грузоперевозок, способствующие привлечению транзитных грузов через Россию, а также поддерживающие реконструкцию и модернизацию транспортной структуры страны с участием как отечественных, так и зарубежных инвестиций [1].

Для значительного улучшения качества предоставляемых логистических услуг в Российской Федерации, следует уделять должное внимание качественному планированию маршрутной сети и осуществлению оптимального подбора транспортных средств. Эти меры позволят не только уменьшить затраты времени на перевозку товаров, но и существенно снизить логистические издержки. Практическая реализация данных стратегических шагов, безусловно, окажет сильное влияние на доходность транспортных компаний и в значительной степени определит их дальнейший успех и продолжительность на рынке [1, 2].

Одной из ключевых задач, которая стоит перед любой компанией, занимающейся перевозкой грузов, является эффективное налаживание информационного обеспечения. С появлением передовых технологий, таких как GPS, GSM, Wi-Fi и других беспроводных способов передачи данных, решение этой задачи стало гораздо проще. Сейчас можно легко отслеживать состояние и местоположение груза в режиме реального времени, что дает возможность оперативно реагировать на любые возникшие трудности и принимать неотложные решения. А в будущем, эти инновационные технологии также затронут систему управления техническим обслуживанием и ремонтом транспортных средств. Например, в случае возникновения какой-либо неисправности, соответствующая информация будет

автоматически передана механикам в офисе, а они, в свою очередь, смогут транслировать рекомендации по ее устранению непосредственно на смартфон водителя. Такая новейшая технология открывает перед компаниями громадные возможности в планировании проведения технического обслуживания и поставок запасных частей. Важно отметить, что все диагностические данные могут быть получены не только после возвращения автомобиля с рейса, но и непосредственно во время его работы благодаря непрерывной передаче информации и оперативности сервиса [1, 2].

В современных крупных мегаполисах встречается чрезвычайно распространенная проблема - пробки на дорогах, особенно сильно это затрагивает автотранспорт. Обычный дорожный затор может привести к нежелательным потерям времени для людей. Однако благодаря современным технологиям есть возможность использовать специальное оборудование, которое постоянно отслеживает ситуацию на дорогах в любой части города. Благодаря этому, в режиме онлайн можно корректировать маршрут, исходя из текущей обстановки на дорогах. Это значительно сокращает потери времени при перевозке и позволяет придерживаться установленных сроков доставки грузов [1].

Одним из ключевых преимуществ инновационных преобразований является их более высокая эффективность при сравнительно невысоких затратах. В отличие от постоянного увеличения мощности, инновационная стратегия развития транспортной инфраструктуры позволяет более эффективно управлять ресурсами и снижать износ оборудования. Также это уменьшает сроки окупаемости инвестиций, что особенно важно в условиях ограниченности собственных денежных средств.

Однако, несмотря на преимущества инновационной стратегии, ее внедрение на железнодорожном транспорте может столкнуться с определенными трудностями. Это связано с необходимостью модернизации существующей

инфраструктуры, обучением персонала и адаптацией к новым технологиям. Кроме того, требуется разработка и применение новых стандартов и правил для успешного осуществления инноваций.

В современном мире IT-системы являются для логистических компаний и для самих грузовладельцев краеугольным камнем в вопросах управления доставкой грузов, складскими операциями или операционной деятельностью. Перечисленный в статье функционал логистических решений может использоваться отдельно или совместно, в зависимости от задач каждой отдельно взятой компании. Но так или иначе, это довольно краткий обзор наиболее известных IT-технологий для логистики, направленных на оптимизацию деятельности и отказ от бумажной работы. Технологии помогают сократить число механических ошибок и снизить роль человеческого фактора в работе, а также способствуют повышению продуктивности складских и транспортно-логистических операций как самого предприятия, так и партнеров по цепи поставки [3].

К настоящему времени разработан ряд информационных систем, позволяющих повысить эффективность грузопотока (табл.1).

Представленные инновации улучшают работу логистической сети, но пока не решают все проблемы. Современному менеджменту необходимо непрерывно искать и внедрять последние инновации в области транспортной логистики и разрабатывать комплексные стратегии развития фирм на инновационной основе, чтобы адаптироваться к постоянно меняющимся условиям и требованиям [1].

Для решения задач совершенствования информационного обеспечения транспортно-логистических систем на сегодняшний момент стало возможным использование интеллектуальных технологий, которые претерпевают в последнее время весьма интенсивное развитие.

Таблица 1

Инновационные технологии развития транспортно-логистических систем [3]

Технология	Описание функционала
TMS	Система управления транспортом. Обеспечивает расчет стоимости перевозки различными видами транспорта, агрегирует таможенные затраты и данные о погрузочно-разгрузочных работах, отслеживает сроки перевозок. Одна из задач системы – по запросу менеджера мгновенно выдать информацию о том, где находится груз, каковы сроки его доставки
WMS	Система планирования и управления складскими операциями и запасами. Позволяет повысить эффективность складской деятельности, обеспечить оптимальный план пополнения запасов
TSM	Системы для управления временными интервалами поставки. Позволяет совместно с партнерами по цепи поставки планировать и управлять графиком/временем прибытия автотранспорта на складской двор для загрузки и выгрузки
Gonrand	Система сбора информации о наличии груза. Позволяет группировать грузы по отправителям, получателям, количеству мест и выдает информацию об отправлении, наименовании грузополучателя, номере автомобиля, заказчике, коде департамента и

	сумме отправлений по департаментам
Videotrans	Система информационного обслуживания предприятий транспорта. Позволяет предприятиям получать справки и вводить информацию о наличии в их распоряжении транспортных средств или товара для доставки
СТС	Система контроля доставки. Предоставляет для экспедиторов информацию о наличии грузов, типах автомобилей, маршрутах наиболее рационального движения, адреса транспортных фирм, имеющих в наличии свободный подвижной состав, и т.п. Для перевозчиков система предоставляет следующую информацию: возможность загрузки грузом, адрес отправителя, место и время загрузки, время прибытия с грузом, адрес получателя и т.п.
Espace Cat	Система подбора грузоперевозок. Сообщает пользователю параметры перевозимых грузов и схемы их размещения в кузове транспортного средства, представляя эти данные в виде трехмерных графиков. Система вычисляет параметры оптимальной упаковки. Обладая модульной структурой, она достаточно легко приспосабливается к требованиям пользователей
BKS	Система подбора грузоперевозок. Функционирует аналогично системе СТС. Грузоотправитель контактирует не с перевозчиком, а с информационной системой. Фирма гарантирует оплату перевозчикам выполненной перевозки, если заказчик не произвел своевременно оплату, что повышает привлекательность обслуживания, расширяя тем самым охват рынка потребителей
ISCIS	Интегрированная информационная система, обслуживающая логистический канал. Время доставки сообщений из любой точки земного шара в другую ограничивается только продолжительностью процесса переформатирования данных, временем ожидания начала обслуживания, а обработка сообщений производится в режиме реального времени, что существенно важно для поставщиков и потребителей, работающих по системе Kanban, "точно в срок" и др.
FMS	Система управления автохозяйством. Автоматизированная выписка путевых листов, учет ТСМ в разрезах по цехам, колоннам, бригадам. Расчет пробегов для ведения наработок до ТО и по шинам, расчет доходов на оказываемые транспортные услуги, учет времени работы водителей
MRO	Система управления ТОиР транспортных средств с учетом возможного участия в них производителя (поставщика) техники
CTMS	Система автоматизации управления контейнерным терминалом и всеми операциями с контейнерами и грузами на территории предприятия. Обеспечивает управление работой погрузочной техники, транспорта и персонала, контроль перемещения контейнеров, оперативное планирование заданий персоналу с учетом текущей обстановки
CTV	Система управления процессами приемки контейнеров, приходящих авто-, железнодорожным или морским транспортом, определяя оптимальное место для хранения контейнера с учетом заданных критериев. Система через RF-терминалы выдает задания сотрудникам и техническим средствам по перемещению контейнера в заданное место. При отгрузке система идентифицирует нужный контейнер и выдает задание на отбор и перемещение контейнера. Использование беспроводных RF-терминалов и Wi-Fi сети позволяет осуществлять сбор и передачу данных в режиме реального времени
ConsID CTMS	Система автоматизации управления контейнерным терминалом и всеми операциями с контейнерами и грузами на его территории. ConsID CTMS обеспечивает управление работой перегрузочной техники, транспорта и персонала, контроль перемещения контейнеров, оперативное планирование заданий персоналу с учетом текущей обстановки. ConsID CTMS может использоваться на автомобильном, железнодорожном или мультимодальном терминале, где стоят задачи управления ввозом, хранением, вывозом контейнеров посредством автомобильного или железнодорожного транспорта. Все операции под управлением ConsID CTMS выполняются с использованием мобильных терминалов сбора данных, с которых информация о всех произведенных операциях по радиосети передается в систему. В работе может быть задействована RFID технология для идентификации контейнеров, для этого каждый контейнер при приходе снабжается радиометкой.

Современные методы анализа и обработки статистической информации позволяют выявлять закономерности и анализировать процессы в сложных организационно-технических системах, к которым можно отнести и транспортно-

логистический сектор. Для этих целей авторами статьи создаётся интеллектуальная информационная система рационального распределения ресурсов, используются имитационные модели, методы статистического

анализа и прогнозирования. Однако результаты анализа будут корректными только в том случае, если информация, на основе которой он производится, будет полной, хорошо структурированной и формализованной. В настоящее время трудности формализации процесса движения транспортного потока стали серьезной причиной отставания результатов научных исследований от требований практики [4].

Заключение. Поскольку организация управления транспортными потоками относится к такой области, где проведение натурального эксперимента затруднительно или невозможно, имитационное моделирование во многих случаях становится единственным инструментом эффективного принятия решений в данной области. Одним из основных достоинств этого метода является то, что в отличие от аналитического имитационное моделирование транспортных потоков позволяет многократно воспроизводить исследуемую систему и определять оптимальное ее состояние [5].

В соответствии с «Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 г.», цифровая трансформация транспортно-логистического сектора подразумевает глобальное повышение эффективности транспортной сферы в результате внедрения инновационных технологий совместно с традиционными инструментами [6-10].

Инновационный вариант развития транспортной инфраструктуры предполагает повышение расходов на развитие транспортно-логистической сферы. В то же время такой вариант подразумевает гораздо более сложную модель управления развитием транспортно-логистических систем и связан с инвестированием в высокотехнологичные проекты [11].

Список литературы

1. Печатнова А.П. Инновации в транспортной логистике // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2015. – № 3. – С. 41-43.
2. Лавринович М.В., Гурин Д.А., Данилова А.С. Тренды развития транспортной логистики в мире // Логистические системы в глобальной экономике. – 2012. – №2. – С. 343-347.

3. Новости грузоперевозок от REARTEK // Портал Reartek. URL: <https://www.reartek.com/it-sistemy-logistiki> (дата обращения 20.11.2023).

4. Некрасов С.И., Горностаев В.И., Новиченко А.И. Повышение эффективности организационно-технологического обеспечения производственных процессов природообустройства с использованием методов имитационного моделирования // Международный технико-экономический журнал. – 2022. – № 3. – С. 27-38.

5. Шлыкова М.И., Некрасов С.И., Горностаев В.И. Повышение эффективности организационно-технологического обеспечения с помощью методов имитационного моделирования // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2023. – № 1. – С. 12-18.

6. Новиченко А.И., Подхватилин И.М. Оценка эффективности функционирования средств технологического оснащения АПК // Природообустройство. – 2013. – № 2. – С. 92-96.

7. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Определение трудоемкости диагностирования автомобиля // Естественные и технические науки. – 2019. – № 12(138). – С. 386-389.

8. Орлов Б.Н., Новиченко А.И., Орлов Н.Б. Методология обоснования рационального технологического процесса восстановления работоспособности машин и оборудования // Природообустройство. – 2015. – № 4. – С. 88-90.

9. Тойгамбаев С.К., Карапетян М.А., Гусев С.С. Технологический процесс ремонта деталей двигателя // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-5. – С. 154-159.

10. Новиченко А.И., Подхватилин И.М., Горностаев В.И., Анисимов А.В. Информационное обеспечение транспортных процессов в сельском хозяйстве // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства : Материалы международной научной-технической конференции, Тюмень, 08 февраля 2019 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – С. 156-159.

11. Горишняя А.А., Чмут Г.А. Цифровые технологии в транспортной логистике// Вестник университета. 2021. № 8. С. 34–40.

Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал
№ 01 (116)/2024 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.