
РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

Дьяконов В.В. — доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой месторождений полезных ископаемых и их разведки РУДН — *главный редактор*

Пономарев Н.К. — кандидат технических наук, доцент, декан инженерного факультета РУДН — *заместитель главного редактора*

Абрамов В.Ю. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры месторождений полезных ископаемых и их разведки РУДН — *ответственный секретарь*

Члены редколлегии

Алиев С.Б. — доктор технических наук, заместитель директора Департамента развития предпринимательской деятельности Евразийской экономической комиссии

Воробьев А.Е. — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела РУДН

Галишникова В.В. — кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой строительных конструкций и сооружений инженерного факультета РУДН

Гусаков С.В. — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тепло-техники и тепловых двигателей инженерного факультета РУДН

Дивеев А.И. — доктор технических наук, профессор, заведующий сектором проблем кибернетики Вычислительного центра им. А.А. Дородницына РАН

Кривошапко С.Н. — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прочности материалов и конструкций инженерного факультета РУДН

Пилов П.И. — доктор технических наук, профессор, первый проректор Национального горного университета (Днепропетровск, Украина)

Рогов В.А. — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий машиностроения, металлорежущих станков и инструментов инженерного факультета РУДН

Свинцов А.П. — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой проектирования и строительства промышленных и гражданских сооружений РУДН

Сученко В.Н. — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой геодезии и маркшейдерского дела РУДН

Хайнц Шанделмейер де Оливейра — доктор философии (Ph.D, геология), научный сотрудник с долгосрочными проектами департамента геологоразведки Института прикладных исследований Технического университета Берлина (Германия)

Шкарупа И.Л. — кандидат технических наук, Ученый секретарь ФГУП ОНПП «Технология» (Обнинск)

Петер Ян Паль — доктор наук, профессор Берлинского Технического Университета (Германия) факультета планирования обустройства окружающей среды

EDITORIAL BOARD
BULLETIN OF PEOPLES' FRIENDSHIP
UNIVERSITY OF RUSSIA.
SERIES: ENGINEERING RESEARCHES

Diakonov V.V. — doctor of geological-mineralogical sciences, professor, head of the department of mineral deposits and their exploration of them. Kreiter of PFU. Chief editor of series

Ponomarev N.K. — candidate of technical sciences, docent, dean of engineering faculty of PFU. Deputy editor of series

Abramov V.Yu. — candidate of geological-mineralogical sciences, docent of department of mineral deposits and their exploration of them. Kreiter of PFU. Executive secretary of series

Members of editorial board

Aliev S.B. — doctor of technical sciences, the deputy director of the department of business development, Eurasian economic commission

Vorobiev A.E. — doctor of technical sciences, head of the department of oilfield geology, mining and petroleum engineering of PFU

Galishnikova V.V. — doctor of technical sciences, head of the department of building structures and facilities of PFU

Gusakov S.V. — doctor of technical sciences, head of the department of themotechnics and heat engines of PFU

Diveev A.I. — doctor of technical sciences, head of the sector of problems of cybernetics of computer center name Dorodnitsyn RSA

Krivoshapko S.N. — doctor of technical sciences, head of the department of strength of materials and structures of PFU

Pilov P.I. — doctor of technical sciences, professor, first vice-rector national mining university (Dnepropetrovsk, Ukraine)

Rogov V.A. — doctor of technical sciences, head of the department of engineering technology, metal-cutting machines and tools of PFU

Svintsov A.P. — doctor of technical sciences, head of the department of design and construction of industrial and civil constructions of PFU

Suthenko V.N. — doctor of technical sciences, head of the department of geodesy and mine surveying of PFU

Heinz Schandelmeier de Oliveira — Ph.D., geology, researcher with long-term projects of department of geological prospecting. Institute of applied research. Technical university of Berlin (Germany)

Shkarupa I.L. — candidate of technical sciences. Scientific secretary of FSU "NFS "Technology""

Peter Jan Pal — doctor of sciences, professor of technical university of Berlin (Germany). Faculty of environmental planning

ВЕСТНИК Российского университета дружбы народов

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1993 г.

Серия

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2016, № 2

Серия издается с 2000 г.

Российский университет дружбы народов

СОДЕРЖАНИЕ

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОГРАММЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Аль-Баредда Али Яхья Сенан, Пупков К.А.** Алгоритм решения задачи синтеза управления методом искусственных нейронных сетей 7
- Деменкова Т.А., Коржова О.А.** Особенности использования стандартов в задачах тестирования 17
- Соколова Т.В., Задиранов А.Н.** Влияние термической обработки на магнитные свойства аморфного сплава на основе кобальта 26

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ

- Савастенко Э.А.** Возможности повышения эксплуатационной топливной экономичности бензинового двигателя 33
- Новиков В.А., Гусейнов Р.М., Азанов А.В., Азанов М.В., Пичужкин А.О.** Расчетная оценка производительности и проектирование двухсекционного выносного роторного насоса с внутренним эпициклоидальным зацеплением 38

ИННОВАЦИОННОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Безик Д.А., Безик Е.И.** Расчет параметров диффузного слоя глинистых частиц и его влияние на электропроводность почв 44

Агзамова И.А., Адилов А.А. Валовой химический состав лессовых и лессовидных горных пород Узбекистана и их роль в формировании минерализации грунтовых вод	56
Донбаева Г.Ч. Проблемы водных ресурсов Центральной Азии	62
Воробьев А.Е., Тралбесси С., Ибрагимов Р., Власова А.В. Ликвидация технико-технологических «реликтов» в современном недропользовании	68
Павлинова Н.В., Шахова А.Ю. Роль грязевого вулканизма при формировании нефтегазовых залежей Южно-Пильгунского участка Пильгун-Астохского месторождения на шельфе о-ва Сахалин	74
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	
Стасишина А.Н., Абу Махади М.И. Некоторые аспекты реконструкции фундаментов	82
Стасишина А.Н., Абу Махади М.И. Выбор рационального способа реконструкции свайных фундаментов	91
Alhalabi Z.S., Khalabi S.M., Khalil I. Busiess centers: classifications, main properties and requirements	97
Шувалов В.М., Саад М.М. Мобильное озеленение зданий	103
Шувалов В.М., Соланилья Й.М. Использование бамбука в современной архитектуре Колумбии	116
НАШИ АВТОРЫ	126

BULLETIN of Russian Peoples' Friendship University

SCIENTIFIC JOURNAL

Founded in 1993

Series

ENGINEERING RESEARCHES

2016, № 2

Series founded in 2000

Peoples' Friendship University of Russia

CONTENTS

INNOVATION RESEARCH PROGRAMS IN ENGINEERING

- Al-Bareda A.Ya.S., Pupkov K.A.** The algorithm for decision of control system synthesis problem by the artificial neural networks' method 7
- Demenkova T.A., Korzhova O.A.** Features of use of standards in tasks of testing..... 17
- Sokolova T.V., Zadiranov A.N.** The effect of heat treatment on the magnetic properties of the amorphous cobalt-based alloy 26

ENGINEERING TECHNIQUES AND HEAT ENGINEERING

- Savastenko E.A.** Some opportunities to rise of operating fuel economy of petrol engine 33
- Novikov V.A., Guseynov R.M., Azanov A.V., Azanov M.V., Pichuzhkin A.O.** Design and simulation of a double stage remote epicyclic rotary pump..... 38

INNOVATIVE USE OF MINERAL RESOURCES

- Bezik D.A., Bezik E.I.** Calculation of parameters of diffuse layer of clay particles and their influence on the electrical conductivity of the soil 44
- Agzamova I.A., Adilov A.A.** Gross chemical composition of loess and the area of rocks and their role in the formation of groundwater mineralization 56
- Donbaeva G.Ch.** Problems of water resources in central Asia 62

Vorobiev A.E., Tralbessi S., Ibragimov R., Vlasova A.V. Technical and technological “relict” in the modern use of mineral resources	68
Pavlinova N.V., Shakhova A.Yu. Role of mud volcanism in the south-piltun oil and gas formation of Sakhalin offshore piltun-astokh deposit.....	74
CURRENT ISSUES IN THE CONSTRUCTION PROCESS	
Stasishina A.N., Abumahadi Mohamed. Some aspects of reconstruction of foundations	82
Stasishina A.N., Abumahadi Mohamed. Some rational method of of reconstruction of foundations	91
Альхалаби З.С., Халаби С.М., Халил И. Бизнес-центры: классификация, основные предложения и характеристики.....	97
Shuvalov V.M., Saad M.M. Mobile landscaping of buildings.....	103
Shuvalov V.M., Solanilla Y.M. The use of bamboo in modern architecture of Colombia.....	116
OUR AUTHORS	126

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОГРАММЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 007.52

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ МЕТОДОМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аль-Баредда Али Яхья Сенан, К.А. Пупков

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, д. 3, Москва, Россия, 115419

В статье рассматривается задача синтеза оптимального управления. Для решения задачи используется искусственная нейронная сеть прямого действия. Нейронная сеть находится в обратной связи объекта управления. По сигналу, определяющему вектор состояния объекта, нейронная сеть вырабатывает вектор управления, который перемещает объект в терминальное состояние с оптимальным значением заданного критерия качества. Для обучения нейронной сети используется вариационный генетический алгоритм, который подбирает закодированные в коде Грея параметры сети и активационные функции каждого слоя сети. Представлен пример синтеза управления нелинейным объектом второго порядка методом искусственной нейронной сети.

Ключевые слова: синтез управления, искусственная нейронная сеть, вариационный генетический алгоритм

Задача синтеза управления направлена на нахождение управления как функции от вектора координат состояния объекта управления. Искомая функция после ее подстановки вместо вектора управления в правые части системы дифференциальных уравнений, описывающей математическую модель объекта управления, преобразует всю систему уравнений к такому виду, что решение полученной системы дифференциальных уравнений достигает цели управления, заданной в виде терминального условия и обеспечивает получение оптимального значения заданного в виде интегрального функционала критерия качества. В настоящей работе для поиска синтезирующей функции управления используем искусственную нейронную сеть прямого действия. Нейронные сети использовались ранее при синтезе регуляторов и настройки параметров адаптивных систем управления [1—8]. При обучении нейронной сети используем два критерия: точность достижения заданного терминального условия и значение заданного

интегрального функционала. Обучение нейронной сети осуществляем вариационным генетическим алгоритмом многокритериальной оптимизации [9]. Алгоритм реализует генетические операции на множествах векторов вариаций. Каждый вектор вариаций описывает малые изменения кода значения одного из параметров нейронной сети, и указывает вид активационной функции в одном из слоев сети.

Обобщенная структура системы управления динамическим объектом с искусственной нейронной сетью в обратной связи приведена на рис. 1.

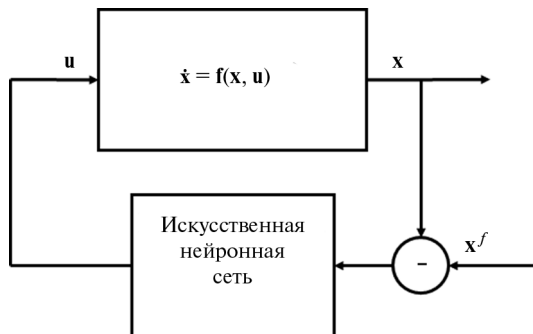


Рис. 1. Структура системы управления динамического объекта с искусственной нейронной сетью в обратной связи:
 x — вектор состояния объекта управления, u — вектор управления,
 x^f — заданное терминальное состояние

Искусственная нейронная сеть имеет многослойную структуру с нелинейными функциями активации на выходе каждого слоя. Структура нейронной сети приведена на рис. 2.

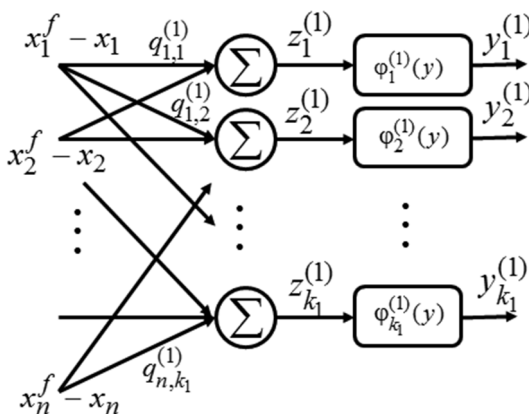


Рис. 2. Структура первого слоя искусственной нейронной сети

Структура первого слоя искусственной нейронной сети приведена на рисунке 2. Нейронная сеть выполняет функциональные преобразования входного сигнала на каждом слое. Количество входных слоев в сети равно размерности n вектора состояния, а количество выходов нейронной сети равно размерности m вектора управления

$$\begin{aligned}
 z_i^{(1)} &= \sum_{j=1}^n q_{i,j}^{(1)}(x_j^f - x_j), y_i^{(1)} = \varphi_i^{(1)}(z_i^{(1)}), i = 1, \dots, k_1, \\
 z_i^{(2)} &= \sum_{j=1}^{k_1} q_{i,j}^{(2)} y_j^{(2)}, y_i^{(2)} = \varphi_i^{(2)}(z_i^{(2)}), i = 1, \dots, k_2, \dots \\
 z_i^{(l)} &= \sum_{j=1}^{k_{l-1}} q_{i,j}^{(l)} y_j^{(l)}, u_i = y_i^{(l)} = \varphi_i^{(l)}(z_i^{(l)}), i = 1, \dots, m.
 \end{aligned} \tag{1}$$

При обучении нейронной сети настраиваем параметры $q_{i,j}^{(p)}$, $i = 1, \dots, k_{p-1}$, $j = 1, \dots, k_p$, $p = 1, \dots, l$, так чтобы минимизировать функционалы

$$J_1 = \max_{i \in \{1, \dots, n\}} |x_i^f - x_i(t)| \rightarrow \min, \tag{2}$$

$$J_2 = \int_0^{t_f} f_0(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) dt \rightarrow \min, \tag{3}$$

где $\mathbf{x} = [x_1 \dots x_n]^T$, $\mathbf{u} = [u_1 \dots u_m]^T$, $u_i = y_i^{(l)}$, $i = 1, \dots, m$,

$$t_f = \begin{cases} t, & \text{если } J_1 < \varepsilon \\ t^+ & - \text{иначе} \end{cases}, \tag{4}$$

где ε , t^+ — заданные положительные числа.

Обучение нейронной сети осуществляем вариационным генетическим алгоритмом. Пусть искусственная нейронная сеть имеет l слоев, в каждом слое имеем матрицу весовых коэффициентов $\mathbf{Q}^{(r)} = [q_{i,j}^{(r)}]$ размерностью $k_r \times k_{r-1}$, $r = 2, \dots, l$, при этом количество столбцов матрицы весов первого слоя равно размерности вектора состояний, $k_1 = n$, а количество строк матрицы последнего слоя равно размерности вектора управления $k_l = m$.

В матрице весов искусственной нейронной сети используем три малые вариации выбранной строки матрицы: вариацию растяжения, вариацию сдвига и вариацию разворота. Рассмотрим малые вариации подробнее. Пусть $\mathbf{q}^{(r,p)} = [q_{p,1}^{(r)} \dots q_{p,k_{r-1}}^{(r)}]$ — выбранная строка p матрицы $\mathbf{Q}^{(r)}$ на слое r . Операцию растяжения выполняем по следующему соотношению:

$$\tilde{\mathbf{q}}^{(r,p)} = \alpha \mathbf{q}^{(r,p)}, \tag{5}$$

где $\tilde{\mathbf{q}}^{(r,p)}$ — вектор строки матрицы после вариации; α — числовой параметр растяжения, $\alpha \in \mathbf{R}^1$.

Операцию сдвига выполняем по следующему соотношению:

$$\tilde{q}_{p,i}^{(r)} = \beta + q_{p,i}^{(r)}, i = 1, \dots, k_{r-1}, \quad (6)$$

где β — числовой параметр сдвига, $\beta \in \mathbf{R}^1$.

Операцию разворота выполняем по следующему соотношению:

$$\tilde{q}_{p,i_1}^{(r)} = \cos(\gamma)q_{p,i_1}^{(r)} - \sin(\gamma)q_{p,i_2}^{(r)}, \quad (7)$$

$$\tilde{q}_{p,i_2}^{(r)} = \sin(\gamma)q_{p,i_1}^{(r)} + \cos(\gamma)q_{p,i_2}^{(r)}, \quad (8)$$

$$\tilde{q}_{p,i}^{(r)} = q_{p,i}^{(r)}, \forall i \in \{1, \dots, k_{r-1}\}, i \neq i_1, i \neq i_2, \quad (9)$$

где γ — параметр разворота, $\gamma \in \mathbf{R}^1$.

Дополнительной малой вариацией считаем также замену функции активации $\varphi_j^{(r)}(z)$ в выбранном слое r выхода $j \in \{1, \dots, k_r\}$.

Для описания малой вариации многослойной нейронной сети используем целочисленный вектор из пяти компонент

$$\mathbf{w} = [w_1 \ w_2 \ w_3 \ w_4 \ w_5]^T, \quad (10)$$

где w_1 — номер слоя нейронной сети; w_2 — номер вариации; $w_2 \in \{1, 2, 3, 4\}$; $w_2 = 1$ — вариация растяжения; $w_2 = 2$ — вариация сдвига; $w_2 = 3$ — вариация разворота; $w_2 = 4$ — изменение функции активации; w_3 — номер строки в матрице выбранного слоя; w_4 — номер функции активации или номер одной из компонент i_1 в вариации разворота; w_5 — номер второй компоненты i_2 в вариации разворота.

В вариационном генетическом алгоритме каждое возможное решение определяется конечным упорядоченным множеством векторов вариаций

$$\mathbf{W} = (\mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^d), \quad (11)$$

где d — максимальное количество малых вариаций, на которое может отличаться нейронная сеть любого возможного решения от базисной нейронной сети.

Вместе с поиском оптимального возможного решения в виде множества (11) векторов вариаций с помощью классического генетического алгоритма ищем оптимальные значения параметров

$$\mathbf{p} = [\alpha \ \beta \ \gamma]^T, \quad (12)$$

которые используем при выполнении вариаций.

В генетическом алгоритме начальное множество возможных решений описывается структурами, которые включают множество векторов вариаций (11) и вектор параметров (12)

$$\tilde{\Xi} = \{(\mathbf{W}^i, \mathbf{p}^i) : i = 1, \dots, H\}, \quad (13)$$

где $\mathbf{W}^i = (\mathbf{w}^{i,1}, \dots, \mathbf{w}^{i,d})$, $\mathbf{p}^i = \{\alpha_i \beta_i \gamma_i\}^T$.

Любое возможное решение в виде матриц $(\mathbf{Q}^{i,1}, \dots, \mathbf{Q}^{i,l})$ многослойной нейронной сети определяется с помощью вариаций базисного набора матриц

$$(\mathbf{Q}^{i,1}, \dots, \mathbf{Q}^{i,l}) = \mathbf{W}^i(\mathbf{p}^i) \circ (\mathbf{Q}^{0,1}, \dots, \mathbf{Q}^{0,l}), \quad (14)$$

где $\mathbf{Q}^{0,r}$ — базисная матрица нейронной сети в слое r , $r = 1, \dots, l$

В генетическом алгоритме вектор параметров (12) представляется в виде бинарного кода Грея

$$\mathbf{z}^i = (z_1^i, \dots, z_{3(a+b)}^i), \quad i = 1, \dots, H, \quad (15)$$

где $z_j^i \in \{0, 1\}$, $j = 1, \dots, 3(a+b)$; a — число бит под целую часть параметра; b — число бит под дробную часть параметра.

С учетом представления вектора параметров в коде Грея (15) каждое возможное решение описывается парой кодов для вариационной и параметрической частей

$$\Xi = \{(\mathbf{W}^i, \mathbf{z}^i) : i = 1, \dots, H\}. \quad (16)$$

Операцию скрещивания в генетическом алгоритме выполняем отдельно для кодов параметрической (15) и вариационной частей (11) частей отобранных возможных решений $(\mathbf{W}^{i_1}, \mathbf{z}^{i_1})$, $(\mathbf{W}^{i_2}, \mathbf{z}^{i_2})$, $i_1, i_2 \in \{1, \dots, H\}$. В результате получаем два новых возможных решения $(\mathbf{W}^{H+1}, \mathbf{z}^{H+1})$, $(\mathbf{W}^{H+2}, \mathbf{z}^{H+2})$

$$\mathbf{W}^{H+1} = (\mathbf{w}^{i_1,1}, \dots, \mathbf{w}^{i_1,k-1}, \mathbf{w}^{i_2,k}, \dots, \mathbf{w}^{i_2,d}), \quad (17)$$

$$\mathbf{z}^{H+1} = (z_1^{i_1}, \dots, z_{s-1}^{i_1}, z_s^{i_2}, \dots, z_{3(a+b)}^{i_2}), \quad (18)$$

$$\mathbf{W}^{H+2} = (\mathbf{w}^{i_2,1}, \dots, \mathbf{w}^{i_2,k-1}, \mathbf{w}^{i_1,k}, \dots, \mathbf{w}^{i_1,d}), \quad (19)$$

$$\mathbf{z}^{H+2} = (z_1^{i_2}, \dots, z_{s-1}^{i_2}, z_s^{i_1}, \dots, z_{3(a+b)}^{i_1}), \quad (20)$$

где k и s — точки скрещивания для вариационных и параметрических частей отобранных решений, соответственно, $1 \leq k \leq d$, $1 \leq s \leq 3(a+b)$.

После выполнения операций скрещивания (17)—(20) выполняем с заданной вероятностью операции мутации для каждого нового возможного решения. Для этого в вариационных и параметрических частях новых возможных решений $(\mathbf{W}^{H+1}, \mathbf{z}^{H+1})$, $(\mathbf{W}^{H+2}, \mathbf{z}^{H+2})$ случайно определяем точки мутации $\mu_1, \eta_1, \mu_2, \eta_2$, $1 \leq \mu_1, \mu_2 \leq d$, $1 \leq \eta_1, \eta_2 \leq 3(a+b)$ и случайно заменяем соответствующие компоненты новых решений: \mathbf{w}^{H+1,μ_1} , $z_{\eta_1}^{H+1}$, \mathbf{w}^{H+2,μ_2} , $z_{\eta_2}^{H+2}$.

Оценку решений осуществляем по значению критерия качества управления и точности достижения цели управления.

В качестве примера рассмотрим задачу синтеза управления нелинейным объектом второго порядка [10]

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad (21)$$

$$\dot{x}_2 = -x_1 - x_1^3 + u. \quad (22)$$

Для системы (1), (2) задано множество начальных значений

$$X_0 = \{\mathbf{x}^{0,1} = [-1 \ -1]^T, \mathbf{x}^{0,2} = [-1 \ 1]^T, \mathbf{x}^{0,3} = [1 \ 1]^T, \mathbf{x}^{0,4} = [1 \ -1]^T\}. \quad (23)$$

Заданы ограничения на управление

$$-1 \leq u \leq 1. \quad (24)$$

Задана цель управления в виде терминального многообразия

$$x_1 - x_1^f = 0, \quad (25)$$

$$x_2 - x_2^f = 0, \quad (26)$$

где $x_1^f = 0, x_2^f = 0$.

Задан критерий качества управления

$$\sum_{j=1}^4 t_f^{(j)} \rightarrow \min, \quad (27)$$

где

$$t_f^{(j)} = \begin{cases} t, & \text{если } |x_1(t, \mathbf{x}^{0,j}) - x_1^f| + |x_2(t, \mathbf{x}^{0,j}) - x_2^f| < \varepsilon, \\ t^+, & \text{иначе} \end{cases}, \quad j = 1, 2, 3, 4, \quad (28)$$

$t^+ = 3 \text{ с.}, \varepsilon = 0,01$.

Для обучения нейронной сети используем вариационный генетический алгоритм со следующими параметрами: число возможных решений в начальной популяции $H = 512$, число циклов поколений — 128, число скрещиваний в одном поколении — 256, число вариаций в одном возможном решении $d = 8$, число бит под целую часть числа $a = 2$, число бит под дробную часть числа $b = 14$, число поколений между сменой базисного решения 32, вероятность мутации 0,7.

В результате была получена трехслойная нейронная сеть со следующими параметрами:

$$\mathbf{Q}^{(1)} = \begin{bmatrix} 10 & 1,4 \\ 10 & -10 \\ 10 & 10 \\ -3,119 & 10 \end{bmatrix}, \mathbf{Q}^{(2)} = \begin{bmatrix} -9,473 & -7,333 & -7,077 & -4,428 \\ -3,410 & -3,795 & -1,683 & -5,675 \\ 0,395 & -8,842 & 10 & -8,082 \\ 10 & 10 & 10 & 10 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{Q}^{(3)} = \begin{bmatrix} -10 & -0,125 & 4,532 & -10 \\ 10 & 10 & 10 & -10 \end{bmatrix},$$

$$y_1^{(1)} = \text{sgn}(z_1^{(1)}), y_2^{(1)} = \text{arctg}(z_2^{(1)}), y_3^{(1)} = \frac{1 - \exp(-z_3^{(1)})}{1 + \exp(-z_3^{(1)})}, y_4^{(1)} = (z_4^{(1)}),$$

$$y_1^{(2)} = z_1^{(2)}, y_2^{(2)} = \text{arctg}(z_2^{(2)}), y_3^{(2)} = \text{arctg}(z_3^{(2)}), y_4^{(2)} = \text{arctg}(z_4^{(2)}),$$

$$\tilde{u} = \frac{1 - \exp(-z_1^{(3)})}{1 + \exp(-z_1^{(3)})},$$

$$\begin{bmatrix} z_1^{(3)} \\ z_2^{(3)} \end{bmatrix} = \mathbf{Q}^{(3)} \begin{bmatrix} y_1^{(2)} \\ y_2^{(2)} \\ y_3^{(2)} \\ y_4^{(2)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} z_1^{(2)} \\ z_2^{(2)} \\ z_3^{(2)} \\ z_4^{(2)} \end{bmatrix} = \mathbf{Q}^{(2)} \begin{bmatrix} y_1^{(1)} \\ y_2^{(1)} \\ y_3^{(1)} \\ y_4^{(1)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} z_1^{(1)} \\ z_2^{(1)} \\ z_3^{(1)} \\ z_4^{(1)} \end{bmatrix} = \mathbf{Q}^{(1)} \begin{bmatrix} x_1^f - x_1 \\ x_2^f - x_2 \end{bmatrix}.$$

В процессе поиска нейронной сети при каждом вычислении функционала модель объекта управления интегрировалась модифицированным методом Эйлера второго порядка с шагом интегрирования 0,001 с.

На рисунке 3 приведены решения замкнутой системы управления с полученной нейронной сетью в обратной связи для начальных условий, расположенных дальше от терминальных условий, чем условия, используемые при синтезе: $\mathbf{x}^{0,9} = [-2 \ -2]^T$, $\mathbf{x}^{0,10} = [2 \ -2]^T$, $\mathbf{x}^{0,11} = [-2 \ 2]^T$, $\mathbf{x}^{0,12} = [2 \ 2]^T$.

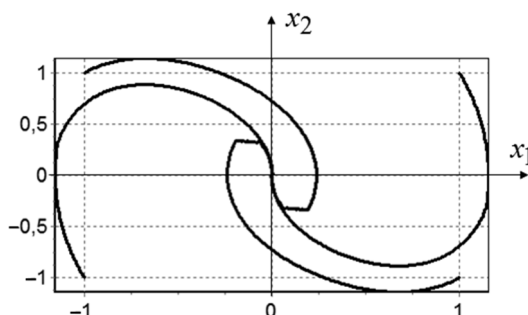


Рис. 3. Решения замкнутой системы Дуффинга для четырех начальных условий

На рисунке 4 приведены решения замкнутой системы управления с полученной нейронной сетью в обратной связи для начальных условий, расположенных дальше от терминальных условий, чем условия, используемые при синтезе: $\mathbf{x}^{0,13} = [-2 \ 0]^T$, $\mathbf{x}^{0,14} = [2 \ 0]^T$, $\mathbf{x}^{0,15} = [0 \ -2]^T$, $\mathbf{x}^{0,16} = [0 \ 2]^T$

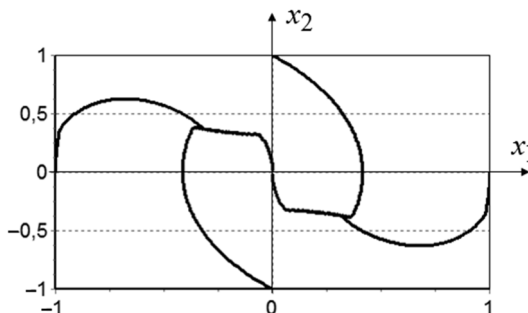


Рис. 4. Решения замкнутой системы Дuffинга для четырех не используемых при синтезе начальных условий

Как видно из результатов моделирования, искусственная нейронная сеть обеспечивает выполнение цели с приблизительно оптимальным значением критерия качества, временем достижения цели, из различных начальных условий. Качество управления сохраняется и при начальных условиях, которые не использовались при численном синтезе управления.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Long T.B., Thai L.H., Hanh T. Face Recognition Using Circularly Orthogonal Moments and Radial Basis Function Neural Network & Genetic Algorithm // 2012 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA). P. 523–527.
- [2] Huang Jeng-Tze, Tseng Ming-Lei. Global Adaptive Neural Tracking Control of Strict-Feedback Systems with Bounded Uncertainty // 2012 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA). P. 175–180.
- [3] Cheng Long, Hou Zeng-Guang, Tan Min, Wang Hong-Ming. Adaptive Neural Network Tracking Control for Manipulators with Uncertainties // Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul, Korea, July 6–11, 2008. P. 2382–2387.
- [4] Bahri N., Druaux F., Atig A. Abdennour R.B., Lefebvre D. An adaptive neural controller based on neural emulator for single-input multi-output nonlinear systems // 2015 European Control Conference (ECC) July 15–17, 2015. Linz, Austria. P. 368–373.
- [5] Lei Zhang, Zhenpo Wang, Xiaosong Hu, Dorrell David. G. Residual. Capacity Estimation for Ultracapacitors in Electric Vehicles Using Artificial Neural Network // Preprints of the 19th World Congress The International Federation of Automatic Control Cape Town, South Africa. August 24–29, 2014. P. 3899–3904.
- [6] Xian Bin, Cui Cuijie, Huang Mu, Li Dong, Yang Kaiyan. Neural Network Based Control for a Class of Uncertain Robot Manipulator with External Disturbance // Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul, Korea, July 6–11, 2008. P. 12769–12774.
- [7] Soewandito D.B., Oetomo D., Ang Jr. M.H. The Operational Space Formulation with Neural-Network Adaptive Motion Control // Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul, Korea, July 6–11, 2008. P. 12775–12780.
- [8] Хапкина И.К., Баясный С.В. Методика синтеза системы управления роботом на базе нейронных сетей // ИзвестияТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 9. Ч. 1. С. 189–175.

- [9] Дивеев А.И., Шмалько Е.Ю. Вариационный генетический алгоритм для решения задачи оптимального управления // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/115-11474>
- [10] Аль-Баредда А.Я.С., Пупков К.А. Решение задачи синтеза системы управления методом искусственных нейронных сетей // Фундаментальные исследования. 2015. № 11 (Ч. 5). С. 853—857.

THE ALGORITHM FOR DECISION OF CONTROL SYSTEM SYNTHESIS PROBLEM BY THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS' METHOD

Al-Bareda A.Ya.S., K.A. Pupkov

Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

In the presented article analytical methods of the solution of a task synthesis in a control system are stated. The author considers a neural network of Kohonen which belongs to the class of networks of direct distribution. It has the only hidden layer of neurons presented in the form of a one-dimensional or two-dimensional lattice. By the author it is presented that the mechanism of cooperation realizes the principle according to which the most excited neuron strengthens (through synoptic weight) not only itself, but also spatially neurons, close to it.

Article purpose — analytical methods of the solution of a problem of synthesis in a control system.

Key words: Kohonen's network, neural network, layer of neurons, mechanism of cooperation, solution of a problem of synthesis

REFERENCES

- [1] Long T.B., Thai L.H., Hanh T. Face Recognition Using Circularly Orthogonal Moments and Radial Basis Function Neural Network & Genetic Algorithm. 2012 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA). P. 523—527.
- [2] Huang Jeng-Tze, Tseng Ming-Lei. Global Adaptive Neural Tracking Control of Strict-Feedback Systems with Bounded Uncertainty. 2012 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA). P. 175—180.
- [3] Cheng Long, Hou Zeng-Guang, Tan Min, Wang Hong-Ming. Adaptive Neural Network Tracking Control for Manipulators with Uncertainties. Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul, Korea, July 6—11, 2008. P. 2382—2387.
- [4] Bahri N., Druaux F., Atig A., Abdennour R.B., Lefebvre D. An adaptive neural controller based on neural emulator for single-input multi-output nonlinear systems. 2015 European Control Conference (ECC) July 15—17, 2015. Linz, Austria. P. 368—373.
- [5] Lei Zhang, Zhenpo Wang, Xiaosong Hu, Dorrell David. G. Residual. Capacity Estimation for Ultracapacitors in Electric Vehicles Using Artificial Neural Network. Preprints of the 19th World Congress The International Federation of Automatic Control Cape Town, South Africa. August 24—29, 2014. P. 3899—3904.

- [6] Xian Bin, Cui Cuijie, Huang Mu, Li Dong, Yang Kaiyan. Neural Network Based Control for a Class of Uncertain Robot Manipulator with External Disturbance. Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul, Korea, July 6—11, 2008. P. 12769—12774.
- [7] Soewandito D.B., Oetomo D., Ang Jr. M.H. The Operational Space Formulation with Neural-Network Adaptive Motion Control. Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul, Korea, July 6—11, 2008. P. 12775—12780.
- [8] Khapkina I.K., Balyasny S.V. Metodika sinteza sistemy upravlenija robotom na baze nejronnyh setej [Method of Synthesis Of Robot Based On Neural Networks]. IzvestijaTulGU. Tehnicheskienauki. 2013. Vyp. 9. Ch. 1. S. 189—175.
- [9] Diveev A.I., Shmalko E.Yu. Variacionnyj geneticheskij algoritm dlja reshenija zadachi optimal'nogo upravlenija. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Variational Genetic Algorithm To Solve Optimal Control Problem]. 2014. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/115-11474>
- [10] Al-Bareda A.Y.S., Pupkov K.A. Reshenie zadachi sinteza sistemy upravlenija metodom iskusstvennyh nejronnyh setej [The Decission of Control System Synthesis Problem By The Artificial Neural Networks' Method]. Fundamental'nye issledovanija. 2015. № 11 (chast' 5). S. 853—857].

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНДАРТОВ В ЗАДАЧАХ ТЕСТИРОВАНИЯ

Т.А. Деменкова, О.А. Коржова

Московский технологический университет (МИРЭА)
Проспект Вернадского, д. 78, Москва, Россия, 119454

Рассматриваются актуальные проблемы диагностирования цифровых устройств на всех этапах проектирования, включая выбор общей структуры проекта, функциональную верификацию, программирование кристалла, формирование конфигурации, временную проверку отдельных блоков проекта и аппаратное тестирование. Проведены исследования в части развития стандартов периферийного сканирования и их приложений для различных проектов за последнее время. Представлены различные современные стандарты в маршруте автоматического проектирования, цифровой стандарт периферийного сканирования для тестирования многослойных печатных плат, стандарт для сокращения затрат на тестирование СБИС с дальнейшей возможностью повторного использования для других задач и инструменты для периферийного сканирования, позволяющие производить структурное тестирование и тестопригодное проектирование. Рассмотрены стандарты, обеспечивающие внутрисхемное конфигурирование интегральных микросхем, и их связь с устранением неисправностей прототипов и тестированием качества монтажа, сборки узлов и систем. Отдельно рассмотрен стандарт, определяющий классы встроенных инструментов тестирования с оболочками и механизмами управления, совместимыми с предыдущими стандартами. На основе анализа существующих решений в маршруте проектирования цифровых устройств разного назначения разработано решение проблемы диагностирования с учетом специфики применяемой элементной базы. Разработанный маршрут проектирования цифровых устройств на современных программируемых интегральных схемах с использованием последних разработок стандартов периферийного сканирования позволит проводить тестирование разработки на базе микросхем различных производителей. Предложенный метод диагностирования на основе разработанных стандартов может использоваться и при разработке различных проектов на базе отечественной элементной базы, что является своевременным для решения важной проблемы импортозамещения.

Ключевые слова: тестирование, печатные платы, программируемые логические интегральные схемы, диагностика, электронные модули, периферийное сканирование

Применение микросхем программируемой логики является одной из основных тенденций развития цифровой техники на современном этапе. Программируемые логические интегральные схемы и соответствующие средства проектирования позволяют создавать цифровые устройства и системы с различным уровнем сложности и степенью интеграции в довольно сжатые сроки. Ввиду сложности проектов и задач, стоящих перед разработчиками, на любой из стадий проектирования могут возникнуть ошибки или недоработки, приводящие к сбоям или неработоспособности, как в прототипе, так и в готовой СБИС (сверхбольшая интегральная схема). Таким образом, остро встают проблемы своевременного обнаружения неисправностей и их устранения [1; 2].

Развитие технологии интегральных схем привело к тому, что разработчик вынужден рассматривать вопросы тестопригодности на раннем этапе при формировании принципов проектирования и выборе структуры схемы, чтобы объединить процессы проектирования и диагностирования. Знание современных методов и средств диагностирования, а также методики проектирования тестопригодных логических схем является необходимым условием подготовки квалифицированных специалистов в области проектирования и производства цифровых устройств вычислительной техники.

Основной целью тестового диагностирования цифровых схем на уровне интегральной схемы, печатной платы или цифровой системы является обнаружение неисправностей, вызываемых дефектами в процессе производства, эксплуатации или механизмами старения. Второй целью тестирования является определение места и причины дефекта с достаточной точностью и достоверностью. Этот вид тестового диагностирования включает в себя как проверку исправности, так и локализацию места неисправности.

Основной проблемой тестирования сложных интегральных схем является нехватка внешних выводов для реализации основных свойств тестопригодного проектирования, касающихся наблюдаемости и управляемости. Разработаны специальные методы проектирования СБИС, так называемые методы сканирования, которые основаны на совместном использовании триггеров, имеющихся в самой схеме или путем ввода дополнительных. Эти триггеры объединяются в специальные сдвигающие регистры, которые управляют состоянием, а также получают сигналы управления через последовательный вход. В методах самотестирования BIST (Built-In Self-Test) в кристалл генераторов тестовых последовательностей встраиваются схемы, предназначенные для сжатия результатов тестирования базовой части СБИС [3].

Требование управляемости и наблюдаемости может быть выполнено на основе технологии так называемого сквозного сдвигового регистра LSSD (Level-Sensitive Scan Design). Существуют две основные особенности, характеризующие принцип проектирования схем на основе метода сканирования, чувствительного к уровню тактового сигнала (метод LSSD). Первая заключается в том, что состояния схемы изменяются под управлением уровня тактового сигнала, а не его фронта. Кроме того, установившееся состояние выхода как реакция на изменения значений состояний первичных входов не зависит от разброса задержек сигналов при распространении их через элементы схемы и ее внутренние соединения. Выходная реакция схемы не зависит также от порядка переключения входных переменных в случае одновременного изменения нескольких переменных. Это свойство «чувствительности к уровню» заложено с целью уменьшения зависимости схемы от ее изменяющихся параметров, таких, как время переключения элементов, задержки распространения сигналов или другие дефекты, которые могут создать условия для гонок или состязаний. Следовательно, в общем случае уменьшается влияние возможных физических дефектов, которые вызывают появление неисправностей динамического типа. Вторая особенность метода LSSD заключается в том, что схема обладает свойством сканируемого пути. Это свойство обе-

спечивается применением специального элемента памяти, управляемого уровнем сигнала.

Реализация функции самотестируемости может быть выполнена на основе технологии BILBO (Built-In Logic Block Observer). Метод встроенного поблочного диагностирования логических схем BILBO сочетает элементы сигнатурного анализа с проектированием на основе методологии сканирования. Здесь предусмотрена возможность реализации процедуры сбора и анализа данных непосредственно в устройстве для того, чтобы в нем обеспечивалось свойство полного самотестирования с помощью встроенных средств. Это можно осуществить введением в устройство формирователей сигнатур на сдвиговых регистрах с линейной обратной связью. Идея реализована в виде универсального элемента, обеспечивающего свойство самотестирования. Такой универсальный элемент может выполнять все функции генератора тестовых последовательностей, формирователя сигнатур, даже запоминающего устройства со сканированием данных. Универсальный элемент BILBO можно использовать как в схемах со сканированием данных, так и в самотестируемых схемах на основе сигнатурного анализа. Элемент BILBO можно применять в схемах, реализующих метод сканирования LSSD, в качестве сдвигового регистра в структуре при условии, что приняты меры для исключения состязаний.

Особое место среди методов сканирования занимает периферийное сканирование, которое в англоязычной литературе известно как BS (Boundary Scan). Первоначально этот метод был предназначен для проверки соединительных цепей на печатных платах и СБИС, при этом специальные регистры сдвига вводятся в кристалл, обслуживая каждый внешний вывод. При проверке межсоединений отключаются цепи внутри кристалла, а для проверки интегральной схемы подключаются регистры, находящиеся внутри, а также генераторы тестовых последовательностей и схемы сжатия на основе сигнатурного анализа. Подключение устройства к тестеру осуществляется с помощью пяти линий. Для проектирования схем с периферийным сканированием разработан стандарт IEEE 1149.1 и специальные языки BSDL (Boundary Scan Description Language) и HSDL (Hierarchical Scan Description Language), которые являются языками описания аппаратуры в ряду VHDL. На рис. 1 показано соединение элементов в пределах одной платы, которая поддерживает данный стандарт.

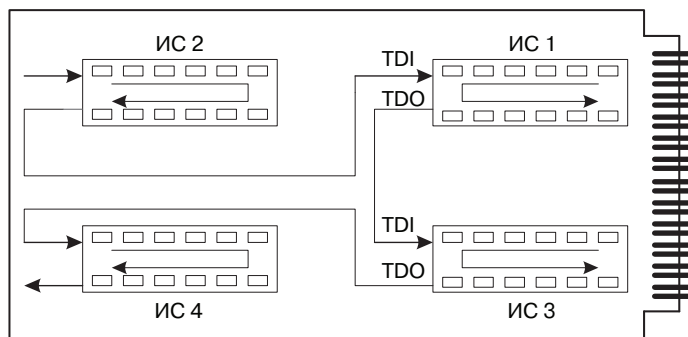


Рис. 1. Соединение элементов BS в структуре одной платы

Возможный вариант использования периферийного сканирования на уровне системы представлен на рис. 2. Здесь выход данных предыдущей платы соединяется с информационным входом последующей системной платы.

Основная идея периферийного сканирования заключается в том, что последовательный регистр сдвига располагается по периферии микросхем, а ячейки этого регистра находятся между внешними выводами и функциональной частью интегральных микросхем. В соответствии со стандартом к каждой интегральной схеме должны добавляться пять внешних контактных выводов: TDI (Test Data In — вход тестовых данных), TMS (Test Mode Select — выбор тестового режима), TCK (Test Clock — тестовая синхронизация), TRST (асинхронный сброс).

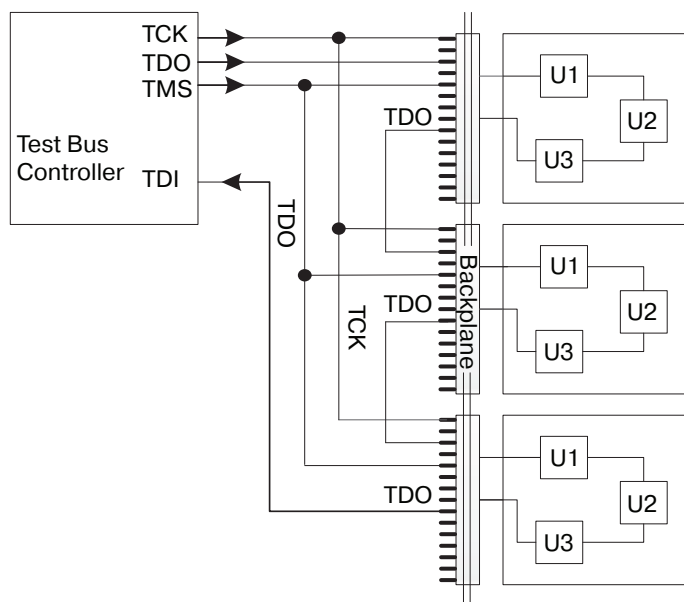


Рис. 2. Структура подключения на уровне системы

На рис. 3 показано развитие разработки новых стандартов периферийного сканирования, включая проблемы тестирования СБИС типа СнК, необходимость обеспечения протокола внутрисхемного программирования ПЛИС и FPGA, а также проблему тестирования многослойных печатных плат с ограниченным доступом.

Цифровой стандарт периферийного сканирования 1149.1, разработанный в связи с постоянно усложняющимися проблемами тестирования многослойных печатных плат постоянно развивается. Существует довольно популярное расширение стандарта на дифференциальные LVDS-цепи — 1149.6. Имеются модификации, выпущенные в 1990, 1993 и 2001 годах. Менее популярным оказалось аналоговое расширение стандарта 1149.4. Проблемы тестирования запоминающих устройств в технологии периферийного сканирования инициировали разработку стандарта IEEE P1581.

Рассмотренные стандарты, а также стандарт ГС IEEE 1532, обеспечивающий внутрисхемное конфигурирование (программирование и перепрограммирование)

интегральных микросхем, являются главным направлением применения технологий периферийного сканирования, связанного с устранением неисправностей прототипов и тестированием качества монтажа, сборки узлов и систем [6].

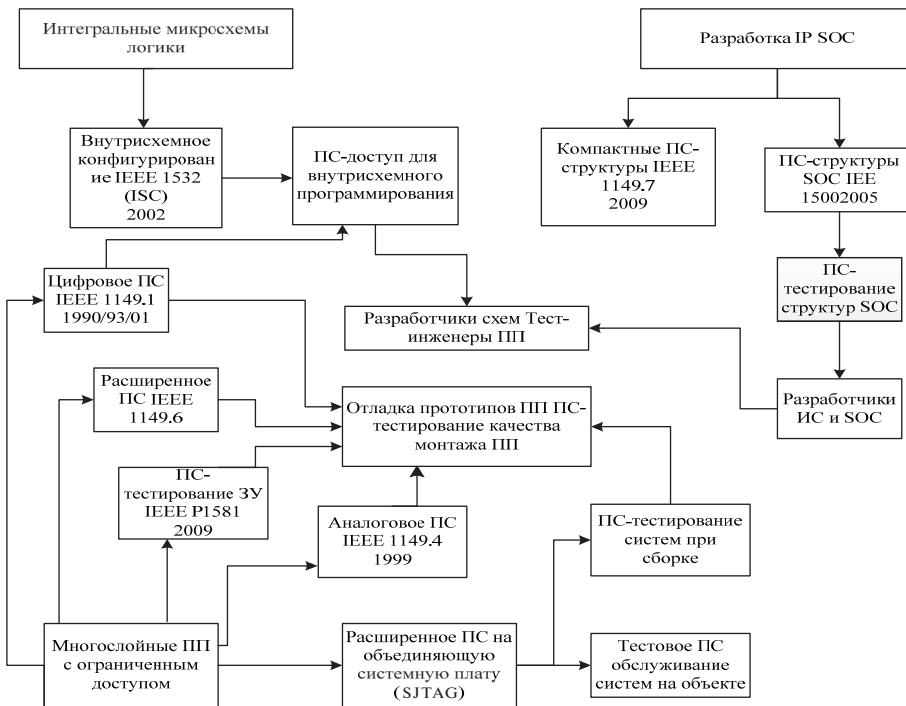


Рис.3. Стандарты периферийного сканирования

Стандарт IEEE 1500 был разработан для сокращения затрат на тестирование СБИС с дальнейшей возможностью повторного использования для других задач. Стандарт периферийного сканирования IEEE 1149.7 (дата утверждения — 2009 г.) содержит в своем интерфейсе всего два контакта. Он предназначен для анализа, тестирования и отладки сложных СБИС еще в процессе производства, а также осуществляет подробную диагностику и устранение неисправностей на печатных платах с 3-МИС.

Рассмотрим основную проблему использования стандарта JTAG, которая существует в настоящее время. Можно назвать следующие причины: наличие большого количества фирм, которые занимаются разработкой СБИС; применение различных методик структурного и функционального тестирования; множество платформ автоматизированного тестового оборудования и языков тестирования. Все это привело к новому направлению встроенного тестирования JTAG и началу разработки стандарта IEEE P1687. В этом стандарте определяются правила встраивания инструментов тестирования для различных модификаций JTAG-протокола стандарта IEEE 1149.1.

Здесь представлены несколько классов встроенных инструментов, каждый из которых направлен на решение конкретной задачи. Сюда входят регистры данных разного размера, средства согласования с оболочками и механизмами управления,

которые совместимы с протоколами 1149.1 и 1500. Имеются возможности создания нескольких цепочек сканирования с некоторой иерархией относительно друг друга. Контроль над инструментами одного из классов характеризуется наличием хотя бы одного сигнала или их последовательности, не управляемых непосредственно из протокола JTAG.

В рамках стандарта JTAG существуют автоматические системы тестирования и программирования плат, позволяющие при наличии схмотехнических файлов протестировать цифровые цепи на плате. Заранее созданные тестовые последовательности подаются в схему и получается информация о физических причинах отказа. На рисунке 4 показан процесс тестирования плат при помощи профессиональных средств периферийного сканирования [7].

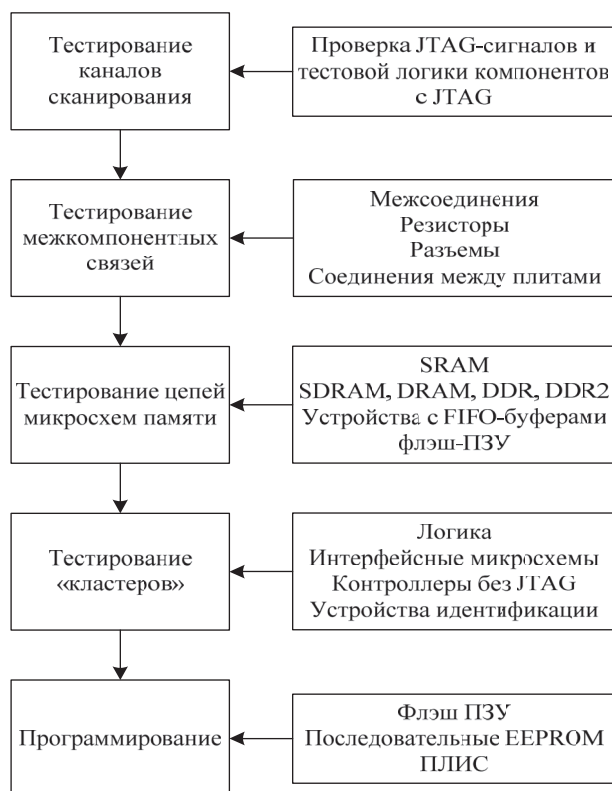


Рис. 4. Процесс тестирования на базе профессиональных средств периферийного сканирования

Примером таких средств являются системы тестирования и программирования на основе JTAG ProVision. Для генерации минимального набора тестовых векторов обязательными являются нетлист и BSDL-файлы для компонентов с поддержкой JTAG. При добавлении в проект других моделей, например, для памяти и функциональной логики, можно создать дополнительные наборы тестов и приложений. Первым обычно выполняется тест межкомпонентных связей, который представляет собой тест окружающих цепей JTAG-компонентов. Затем выполняются тесты кластеров памяти, функциональной логики, флэш-памяти и тесты,

созданные вручную для особых узлов схемы. Некоторые участки для тестирования требуют алгоритмического описания проверки функциональности.

На основе анализа существующих решений в маршруте проектирования цифровых устройств разного назначения было разработано решение проблемы диагностирования с учетом специфики применяемой элементной базы. Разработанный маршрут проектирования цифровых устройств на современных программируемых интегральных схемах с использованием последних разработок стандартов периферийного сканирования позволяет проводить тестирование разработки на базе микросхем различных производителей (рис. 5). Предложенный метод диагностирования на основе разработанных стандартов может использоваться и при разработке различных проектов на базе отечественной элементной базы, что является своевременным для решения важной проблемы импортозамещения.

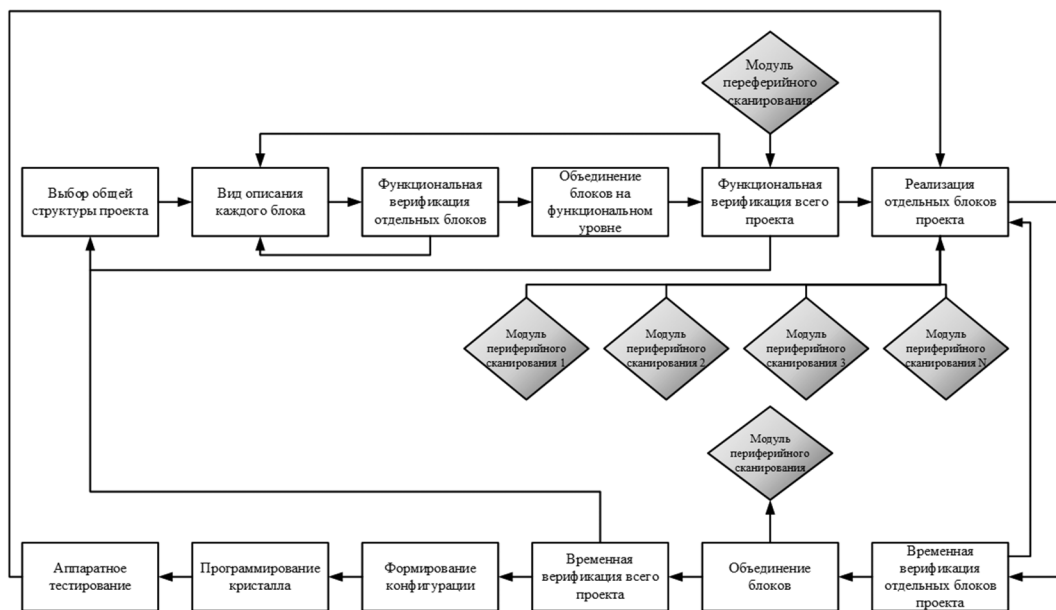


Рис. 5. Маршрут проектирования цифровых устройств с применением стандартов

Выполненный в работе анализ существующих средств JTAG показал возможности использования периферийного сканирования как для тестирования и программирования плат в целях поиска дефектов, контроля качества и диагностики отказов, так и для отладки прототипов при создании проектов цифровых устройств различного назначения. Стандарт JTAG постоянно развивается и обновляется. Создаются новые аппаратные решения и программные комплексы, которые можно использовать для задач диагностирования при выполнении проектов на современной элементной базе. Необходимым условием реализации этих задач является создание методик проведения всех этапов проектирования для грамотного и достоверного тестирования на основе технологии JTAG.

Исследования выполнены по направлению государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части госзадания № 2014/112, код проекта 35.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Городецкий А.С.* Тестирование и тестопригодность // Компоненты и технологии. 2009. № 2.
- [2] *Деменкова Т.А.* Диагностика цифровых устройств: учеб. пособие. М.: МИРЭА, 2008.
- [3] *Деменкова Т.А., Николаев С.А.* Методика тестопригодного проектирования цифровых устройств. Информационные технологии и системы. Вычислительная техника: Сб. научн. трудов. Ч. 1. М.: МИРЭА, 2012.
- [4] *Деменкова Т.А., Николаев С.А.* Модель блока поддержки технологии граничного сканирования для задач тестирования цифровых схем. Наука и образование. 2012. № 4. URL: <http://technomag.edu.ru/issue/311245.html> (дата обращения 05.04.2015).
- [5] *Иванов А.В.* Инструменты для периферийного сканирования // Компоненты и технологии. 2010. № 9.
- [6] IEEE Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture, IEEE Computer Society, IEEE, New York, NY, IEEE Std 1149.1 — 2001.
- [7] *Demenkova T.A., Nikolaev S.A., Pevtsov E.Ph.* Program Model of Multipurpose Block of Testing // Humanities & Science University Journal. 2013. № 5.

FEATURES OF USE OF STANDARDS IN TASKS OF TESTING

T.A. Demenkova, O.A. Korzhova

Moscow Technological University (MIREA)
Prospect Vernadskogo, 78, Moscow, Russia, 119454

Actual problems of diagnosing of digital devices at all design stages, including the choice of the general structure of the project, functional verification, programming of crystal, formation of configuration, temporary check of separate blocks of the project and hardware testing are considered. Researches regarding development of standards of boundary scan and their appendices for various projects are conducted lately. Various modern standards in a route of automatic design, the digital standard of peripheral scanning for testing of multilayered printed circuit boards, the standard for reduction of costs of testing of VLCI with further possibility of reuse for other tasks and the tools for boundary scan allowing to make structural testing and testable design are submitted. The standards providing an intra circuit configuration of integrated chips, and their connection with elimination of malfunctions of prototypes and testing of quality of installation, assembly of knots and systems are considered. The standard defining classes of the built-in instruments of testing with the covers and mechanisms of management compatible to the previous standards is separately considered. On the basis of the analysis of the existing decisions in a route of design of digital devices of different function the solution of the problem of diagnosing taking into account specifics of the applied element base is developed. The developed route of design of digital devices on modern programmable integrated circuits with use of the last developments of standards of boundary scan will allow to hold testing of development on the basis of chips of various producers. The offered diagnosing method on the basis of the developed standards can be used also when developing various projects on the basis of domestic element base that is timely for the solution of the important problem of import substitution.

Key words: testing, printed circuit boards, programmable logical integrated circuits, diagnostics, electronic modules, boundary scan

REFERENCES

- [1] Gorodetskiy A.S. Testirovaniye i testoprigradnost'. Komponenty i tekhnologii [Testing and quality of testing. Components and technology]. 2009. № 2.
- [2] Demenkova T.A. Diagnostika tsifrovyykh ustroystv. Uchebnoye posobiye [Diagnostics of numeric devices. Manual]. M.: MIREA, 2008
- [3] Demenkova T.A., Nikolayev S.A. Metodika testoprigradnogo proyektirovaniya tsifrovyykh ustroystv. Informatsionnyye tekhnologii i sistemy. Vychislitel'naya tekhnika. Sb. nauchn. trudov. Ch. 1 [Methods of project of numeric devices. Book of science. P. 1]. M.: MIREA, 2012.
- [4] Demenkova T.A., Nikolayev S.A. Model' bloka podderzhki tekhnologii granichnogo skanirovaniya dlya zadach testirovaniya tsifrovyykh skhem. Nauka i obrazovaniye [Model of blocks of scanning technology from numeric devices testing. Science and education]. 2012. № 4. URL: <http://technomag.edu.ru/issue/311245.html> (data obrashcheniya 05.04.2015).
- [5] Ivanov A.V. Instrumenty dlya periferiynogo skanirovaniya. Komponenty i tekhnologii [Instruments from scanning. Components and technology]. 2010. № 9.
- [6] IEEE Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture, IEEE Computer Society, IEEE, New York, NY, IEEE Std 1149.1 — 2001.
- [7] Demenkova T.A., Nikolaev S.A., Pevtsov E.Ph. Program Model of Multipurpose Block of Testing. Humanities & Science University Journal. 2013. № 5.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА АМОРФНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ КОБАЛЬТА

Т.В. Соколова¹, А.Н. Задиранов²

¹ Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198

² ОАО «ГИПРОЦВЕТМЕТ»
ул. Академика Королева, 13, Москва, Россия, 129515

Рассмотрено влияние термической обработки на магнитные и механические свойства аморфного магнитно-мягкого сплава на основе кобальта состава $\text{Co}_{57}\text{Fe}_5\text{Ni}_{10}\text{Si}_{11}\text{B}_{17}$, полученного быстрой закалкой из расплава. Для аморфных ферромагнетиков характерна температурная нестабильность магнитных и механических свойств, которые в значительной степени могут ухудшать эксплуатационные свойства. Исследование влияния отжига на магнитные и физико-механические свойства аморфных ферромагнитных материалов представляет как научный, так и практический интерес, поскольку позволяет определить рабочие температуры и оптимизировать магнитные свойства под влиянием этого фактора. Показано, что термическая обработка влияет на магнитные свойства, в то время как рентгеновская дифрактометрия не обнаруживает изменений в структуре. Даже после отжига при 773 К рентгеноструктурный анализ показывает диффузное гало. Только после термической обработки при 873 К появляются характерные пики как результат прошедшей кристаллизации. Анализ дифрактограмм позволяет заключить, что структурное состояние сплава отвечает смеси твердого раствора на основе α -Со и боридов Co_3B и $(\text{Co}, \text{Fe})_2\text{B}$. Температура кристаллизации сплава по результатам дифференциального термического анализа составляет 833 К. Можно сделать вывод, что процессы, происходящие в температурном интервале 373—473 К являются результатом топологического и композиционного упорядочения. При увеличении температуры нагрева свыше 473 К к указанным процессам присоединяются процессы, приводящие к фрагментарному появлению тонкодисперсных (наноразмерных) кристаллических фаз. Проведено также исследование влияния термической обработки на эффективную магнитную проницаемость в переменном магнитном поле. Для исследованного сплава характерно резкое падение проницаемости (в 4—5 раз) с увеличением частоты, что согласуется с моделью затухания вихревых токов. После нагрева до 573 К наблюдается тенденция к повторному росту уровня магнитных характеристик, но это сопровождается интенсивным охрупчиванием материала. Оптимальной термообработкой следует признать отжиг при 473 К.

Ключевые слова: аморфный быстрозакаленный магнитно-мягкий сплав, термическая обработка, рентгеноструктурный анализ, коэрцитивная сила, магнитная индукция насыщения, магнитная проницаемость

Аморфные металлические материалы представляют одну из последних инноваций XX в. Аморфные сплавы на основе кобальта с близкой к нулю магнитострикцией являются современными магнитно-мягкими материалами для электронной техники. Использование этих сплавов в радиоэлектронной промышленности в качестве магнитопроводов обеспечивает создание устройств нового поколения, параметры которых основываются на уникальности свойств кобаль-

товых аморфных магнитно-мягких сплавов [6; 7]. Для сплавов этой группы, как и для других аморфных ферромагнетиков, характерна температурная нестабильность магнитных, электрических и механических свойств, обусловленная протеканием обратимых и необратимых процессов структурной релаксации, которые в значительной степени могут ухудшать эксплуатационные свойства конечных изделий. Важную роль в формировании магнитных свойств аморфных сплавов играет магнитоупругая анизотропия, связанная как с внутренними напряжениями, возникающими в материале в процессе закалки из жидкого состояния, так и с приложенными внешними напряжениями. В настоящей работе исследовали влияние термической обработки на физические и механические свойства аморфного сплава на основе кобальта, что позволяет определить температурную область применения данного материала и оптимизировать магнитные свойства.

Аморфный сплав состава $\text{Co}_{57}\text{Fe}_5\text{Ni}_{10}\text{Si}_{11}\text{B}_{17}$ получали методом быстрой за-
калки струи расплавленного металла на внешней поверхности вращающегося
медного барабана со скоростью охлаждения $\sim 10^6$ К/с. Ширина полученной лен-
ты составляла 0,015 м, толщина — 22×10^{-6} м. Температуру кристаллизации опре-
деляли в процессе последующего нагревания с помощью дифференциального
термического анализа (ДТА) при скорости нагрева 20 К/мин. Структурные ис-
следования проводили методом рентгеновской дифрактометрии. Для определения
величин магнитной индукции насыщения и коэрцитивной силы записывали пет-
ли гистерезиса с помощью флюксметра TRF-4. Эффективную магнитную про-
ницаемость на частотах 1,1—10 МГц определяли с помощью высокочастотного
моста ВМ-431Е фирмы TESLA. В обоих случаях использовали тороидальные об-
разцы. Удельное электросопротивление определяли компенсационным методом
с помощью низкоомного потенциометра и эталонной катушки сопротивления.
Твердость определяли на микротвердомере ПМТ-3. Термическую обработку про-
водили в вакуумированных ампулах по режиму: нагрев до температуры T_a , вы-
держка в течение 1800 с, охлаждение в воде. Свойства исследовали при комнатной
температуре.

Экспериментальные результаты зависимости микротвердости H_c , удельного
электросопротивления ρ , начальной магнитной проницаемости $\mu_{нач}$, максималь-
ной магнитной проницаемости μ_{max} , магнитной индукции насыщения B_s и ко-
эрцитивной силы H_c в зависимости от температуры T_a приведены на рис. 1. Из-
мерение микротвердости было затруднено из-за хрупкости сплава после термо-
обработки и малой толщины ленты. Для предотвращения разрушения образцов
при индентировании применяли малые нагрузки (0,98 Н). В результате получали
отпечатки размером 12×15 мкм, что приводило к разбросу результатов измере-
ния. Хрупкость сплава, термообработанного выше 573 К, не позволила измерить
свойства, за исключением микротвердости. Микротвердость в закаленном со-
стоянии составляла 1100, монотонно снижаясь с температурой T_a до 800. При
последующих нагревах, начиная с 623 К, твердость постепенно росла, достигая
первоначальных значений после термической обработки при 723—773 К. Удель-
ное электросопротивление в исследованном интервале температур T_a составило
(4—4,5) Ом · мм²/м.

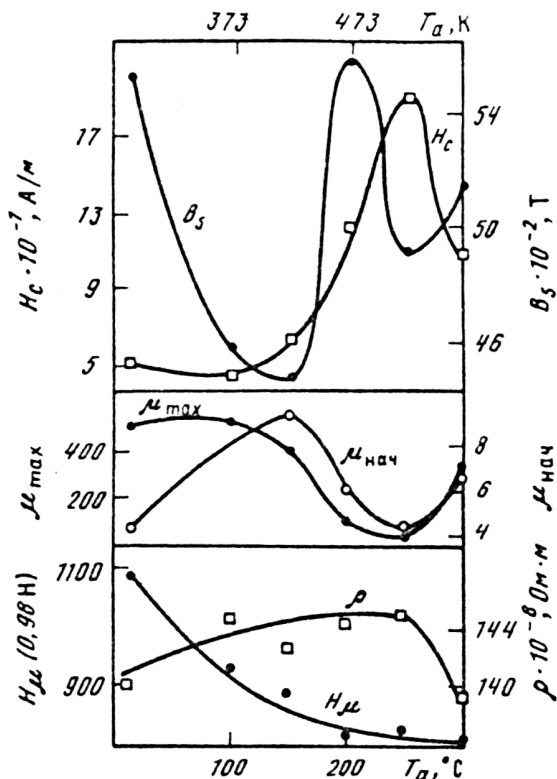


Рис. 1. Влияние термической обработки на коэрцитивную силу, магнитную индукцию насыщения, начальную и максимальную магнитную проницаемость, удельное электросопротивление и микротвердость

Магнитные свойства ферромагнитных сплавов, как известно [1; 2], чувствительны к термической обработке, и в нашем случае изменение магнитных свойств исследованного сплава в зависимости от температуры T_a носит сложный и неоднозначный характер. После нагрева до 373 К наблюдается снижение H_c и B_s и увеличение $\mu_{нач}$ и μ_{max} . Такое изменение свойств может быть связано со снятием остаточных напряжений в процессе композиционного и топологического упорядочения [1; 2]. При дальнейшем повышении температуры до 473—523 К наблюдается повышение H_c и B_s (в 4 раза), но снижение $\mu_{нач}$ и μ_{max} . Следует отметить, что в указанном температурном интервале величины H_c и B_s проходят через максимум, а магнитная проницаемость через минимум. Увеличение H_c с температурой отмечается и в работах [2; 3].

Как известно, коэрцитивная сила обусловлена многими факторами: вкладом от процессов движения стенок доменов, поверхностных дефектов, анизотропией вследствие появления продуктов кристаллизации. По мнению авторов [4; 5], повышение H_c и понижение μ в результате термической обработки представляет собой одну из разновидностей магнитного последействия. Даже в отсутствие внешнего поля происходит направленное упорядочение. Оно имеет локальный характер в соответствии с распределением магнитных доменов, существующих в материале во время нагрева. В результате происходит стабилизация или закре-

пление доменных стенок, причем эти явления преобладают над процессом снятия напряжений во время термической обработки.

Вопросы магнитного последствия тесно связаны с проблемой стабильности самой аморфной структуры. Следует отметить, что термообработка, приводящая к изменению исследованных свойств, не вызывает каких-либо структурных изменений в пределах разрешения рентгеноструктурного анализа. Дифрактограммы после термообработки при $T_a = 773$ и 823 К фиксируют диффузное гало. Только после термообработки при 873 К на дифрактограмме появляются характерные пики, свидетельствующие о прошедшей кристаллизации. По результатам ДТА температура кристаллизации сплава составляет 833 ± 10 К. Несоответствие температуры кристаллизации по данным рентгеноструктурного анализа и результатам ДТА связано, по-видимому, с точностью метода и с различными условиями и скоростями нагрева образцов. Анализ дифрактограмм позволяет заключить, что структурное состояние сплава после термообработки при 873 К отвечает смеси твердого раствора на основе α -Со и боридов Co_3B и $(Co, Fe)_2B$. Таким образом, процессы, происходящие в температурном интервале 373 — 473 К, очевидно, являются результатом топологического и композиционного упорядочения, а при увеличении температуры нагрева свыше 473 К к ним присоединяются процессы, приводящие к фрагментарному появлению тонкодисперсных (наноразмерных) кристаллических фаз. Последнее заключение требует дополнительных структурных подтверждений, например, с помощью просвечивающей электронной микроскопии.

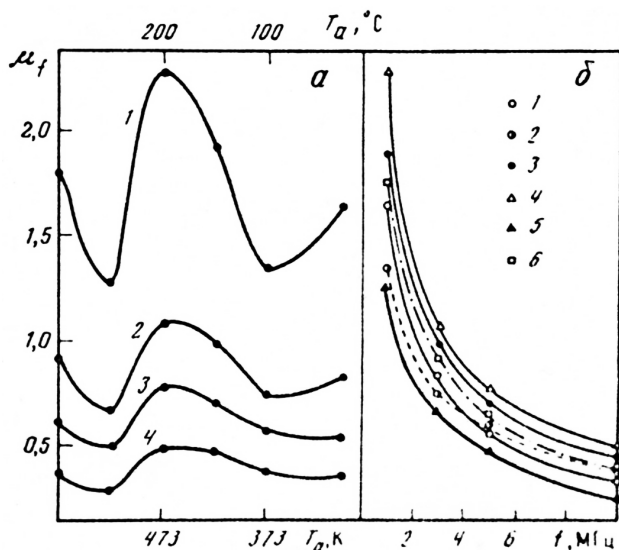


Рис. 2. Влияние термической обработки (а) и частоты переменного поля (б) на эффективную магнитную проницаемость:
 а) f , МГц: 1 — 1,1; 2 — 3; 3 — 5; 4 — 10;
 б) T_a , К: 1 — исходное состояние; 2 — 373;
 3 — 423; 4 — 473; 5 — 523; 6 — 573

Влияние термической обработки на эффективную магнитную проницаемость μ_f в переменном магнитном поле показано на рис. 2. Для исследованного сплава

характерно резкое падение проницаемости (в 4—5 раз) с увеличением частоты от 1 до 10 МГц, что является закономерным в соответствии с моделью затухания вихревых токов. Повышение величины магнитной проницаемости после термической обработки наиболее заметно на малых частотах; при частоте 10 МГц это различие уменьшается. Следует отметить, что после нагрева до 573 К наблюдается тенденция к повторному росту уровня магнитных характеристик, но это сопровождается интенсивным охрупчиванием материала.

Выводы. Согласно техническому заданию сплавы для магнитных головок должны иметь следующие характеристики:

Магнитная индукция насыщения B_s — не менее 8500—9000 Гс (для записи), 5500 Гс (для воспроизводства); коэрцитивная сила H_C — не более 0,025Э; начальная магнитная проницаемость $\mu_{нач}$ — не менее 25000 Гс/Э (для воспроизводства) и 10000 Гс/Э (для записи); максимальная магнитная проницаемость μ_{max} — не менее 150000 Гс/Э; амплитудная магнитная проницаемость на частоте 1 МГц — 2000 Гс/Э, на частоте 10 МГц — 1500 Гс/Э; удельное электросопротивление — не менее 130 мкОм × см; твердость по Виккерсу — не менее 800 единиц. Во всем исследованном интервале температур отжига уровень таких свойств, как коэрцитивная сила, удельное электросопротивление, микротвердость соответствует значениям, указанным в техническом задании, или даже превышает их. Что касается магнитной индукции насыщения, следует отметить, что отжиг при 473 К, может значительно повысить эту величину, приближая ее или даже превосходя требуемое значение 5500 Гс. К сожалению, начальная магнитная проницаемость как в исходном состоянии, так и после отжига в исследованном температурном интервале ниже уровня предъявляемых требований, причем, с повышением температуры отжига наблюдается снижение данной характеристики. Значения максимальной магнитной проницаемости соответствуют или превышают необходимый уровень, сохраняя его и после отжига 473 К. Термообработка влияет и на частотные характеристики исследованных сплавов. Так, отжиг при 473 К увеличивает магнитную проницаемость при частоте 1,1 МГц на 500—700 Гс/Э, тем самым способствуя достижению необходимого значения. Однако, на высоких частотах (10 МГц) влияние отжига на указанную характеристику уменьшается.

Таким образом, учитывая невозможность одновременного получения всего необходимого комплекса свойств, следует признать оптимальной термообработкой отжиг при 473 К.

Необходимо отметить, что повышение уровня магнитных свойств магнитно-мягких аморфных сплавов возможно, как путем изыскания новых композиций, использования различных термообработок, в том числе с наложением магнитных полей и напряжений и без них, так и за счет улучшения самой технологии изготовления аморфных сплавов (контроля температуры перегрева расплава, точности размеров сопла, скорости охлаждения расплава и др.). В частности, использование, например, закалки в вакууме позволит снизить величину коэрцитивной силы H_C в 2—3 раза. Более низким значениям H_C будут соответствовать более высокие значения магнитной проницаемости и меньшие потери на высоких частотах [6].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кекало И.Б. Аморфные магнитные материалы. М.: МИСИС, 2002. 173 с.
- [2] Inoue A. Stabilization of metallic supercooled liquid and bulk amorphous alloys // *Acta materialia*. 2000. V. 48. P. 279—306.
- [3] Zhang T., Inoue A. Bulk Glassy Alloys in (Fe, Co, Ni)-Si-B System // *Materials Transactions (Japan)*. 2001. T. 42. № 6. С. 1015—1018.
- [4] Гойхенберг Ю.Н. Структура и магнитные свойства аморфных сплавов в зависимости от степени кристаллизации // *Вестник ЮУрГУ*. 2011. № 14. С. 24—28.
- [5] Шальгина Е.Е., Абросимова Н.М., Комарова М.А., Молоканов В.В. Исследование магнитных свойств и микромагнитной структуры многокомпонентных Fe_{61.4}Ni_{3.6}Cr_{3.2}Si_{2.4}Nb_{7.8}Mn_{3.6}B₁₈ аморфных лент // *Журнал технической физики*. 2004. Т. 74. № 9. С. 127—130.
- [6] Воркачев К.Г., Чуева Т.Р., Мохирев И.И., Умнов П.П., Умнова Н.В., Молоканов В.В., Заболотный В.Т. Дефекты аморфных металлических проводов, полученных различными методами быстрой закалки расплава // *Перспективные материалы*. 2010. № 4. С. 76—82.
- [7] Faxiang Qin, Hua-Xin Peng. Ferromagnetic microwires enabled multifunctional composite materials // *Progress in Materials Science*. 2013. V. 58. P. 183—259.

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE MAGNETIC PROPERTIES OF THE AMORPHOUS COBALT-BASED ALLOY

T.V. Sokolova¹, A.N. Zadiranov²

¹ Peoples' Friendship University of Russia

Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

² «GIPROCVETMET»

Akademika Koroleva str., 13, Moscow, Russia, 129515

As the title implies the article describes effect of heat treatment on magnetic and mechanic properties amorphous soft magnetic cobalt-based alloy Co₅₇Fe₅Ni₁₀Si₁₁B₁₇ obtained quenching from the melt. As you known, for amorphous ferromagnets are characterized by temperature instability of the magnetic and mechanical properties, which can largely degrade operation properties. To study the effect of annealing on the magnetic and physical-mechanical properties amorphous ferromagnet materials is of both scientific and practical interest, as it allows to determine the temperature application limits of the material and to optimize the magnetic properties under the influence of this factor. It is shown that heat treatment can lead to changes in the magnetic properties, and it does not cause structural changes within the resolution of x-ray diffraction. Noted the impossibility of the simultaneous receipt of all the necessary magnetic properties. After the annealing at 773 K and 823 K x-ray diffraction analysis shows a diffuse halo. Only after heat treatment at 873 K displays characteristic peaks that are the result of the last crystallization. Analysis of diffraction patterns allows us to conclude that the structural state of the alloy after heat treatment at 873 K allows us of the is responsible mixture of a solid solution based on α-cobalt and borides Co₃B and (Co, Fe)₂B. The crystallization temperature of the alloy according to thermal analysis is 833 K. Thus, the processes occurring in the temperature interval 373—473 are the result of topological and compositional streamlining, while increasing the annealing temperature above 473 joined by processes, resulting in fragmented appearance of fine crystalline phases. For the investigated alloy is characterized by intensive (4-5 times) reduction of permeability with frequency, which is natural

in accordance with the model of damping of eddy currents. There was a trend to the re-growth of level of magnetic characteristics after annealing at 573 K. This effect is accompanied by intense embrittlement of the material.

Appropriate heat treatment should recognize the annealing temperature of 473 K.

Key words: heat treatment, thermal analysis, structure, coercive force, flux density, the initial magnetic permeability, relative permeability, maximum permeability, microhardness, X-ray diffraction

REFERENCES

- [1] Kekalo I.B. Amorfnye magnitnye materialy [Amorphous magnet materials]. M.: MISIS, 2002. 173 p.
- [2] Inoue A. Stabilization of metallic supercooled liquid and bulk amorphous alloys. *Acta materialia*. 2000. V. 48. pp. 279–306.
- [3] Zhang T., Inoue A. Bulk Glassy Alloys in (Fe, Co, Ni)-Si-B System — *Materials Transactions (Japan)*. 2001. T. 42. № 6. pp. 1015–1018.
- [4] Goyhenberg U.N. Struktura i magnitnyy svoystva amorfnykh splavov v zavisimosti the degree of crystallization [Structure and magnetic properties of amorphous alloys depending on the degree of crystallization]. *Vestnik YuUrGU*. 2011. N 14. pp. 24–28.
- [5] Shalygina E.E., Abrosimova N.M., Komarova M.A., Molokanov V.V. Issledovanie magnitnykh svoystv i mikromagnitnoy struktury mnogokomponentnykh Fe_{61.4}Ni_{3.6}Cr_{3.2}Si_{2.4}Nb_{7.8}Mn_{3.6}B_{1.8} amorfnykh lent [Study of magnetic properties and micromagnetic structure of multicomponent Fe_{61.4}Ni_{3.6}Cr_{3.2}Si_{2.4}Nb_{7.8}Mn_{3.6}B_{1.8} amorphous ribbons]. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki*. 2004. T. 74. N 9. S. 127–130.
- [6] Vorkachev K.G., Chueva T.R., Mohirev I.I., Umnov P.P., Umnova N.V., Molokanov V.V., Zabolotny V.T. Defekty amorfnykh metallicheskih provodov, poluchennykh razlichnyimi metodami bystroy zakalki rasplava [Defects amorphous metal wire obtained using different methods of rapid quenching from the melt]. *Perspektivnye materialy*. 2010. N 4. S. 76–82.
- [7] Faxiang Qin, Hua-Xin Peng. Ferromagnetic microwires enabled multifunctional composite materials. *Progress in Materials Science*. 2013. V. 58. P. 183–259.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.435.001

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Э.А. Савастенко

Кафедра теплотехники и тепловых двигателей
Российского университета дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

В статье приводятся результаты применения расчетно-экспериментальной методики оценки экономичности двигателя при его работе на режимах малых нагрузок и применении метода регулирования двигателя изменением его рабочего объема.

Ключевые слова: эксплуатация двигателей внутреннего сгорания, экономичность топлива

В современных условиях эксплуатации автомобилей, особенно в мегаполисах, существенную долю режимов составляют малые нагрузки и холостые хода. Работа на таких режимах сопровождается повышенными расходами топлива и смазочного масла, повышенными выбросами токсичных компонентов отработавших газов и основного парникового газа (CO_2), снижением надежности и долговечности двигателя. Одним из методов повышения экономических и экологических показателей ДВС на таких режимах является метод регулирования двигателя отключением части цилиндров [1], называемый также методом регулирования двигателя изменением его рабочего объема [2]. Достоверные результаты об эффективности метода дают, конечно, экспериментальные исследования. Однако ввиду их дороговизны, сложности и длительности реализации целесообразно предварительно оценить целесообразность применения метода. Такую оценку можно проводить с использованием экспериментально полученных универсальных характеристик двигателя [3], содержащих параметрические кривые постоянных удельных расходов топлива (b_e) в координатах среднего эффективного давления – частоты вращения вала ($p_e - n$). В данной работе в качестве объекта исследования выбран ДВС *Audi V6* легкового автомобиля *Audi 100* [4]. Двигатель имеет следующие основные параметры и показатели: $D/S = 8,25/8,64$ см, $i = 6$,

$i \cdot V_h = 2,771 \text{ дм}^3$, $N_{e,\text{max}} = 128 \text{ кВт}$ при $n = 5500 \text{ мин}^{-1}$. Угол развала между рядами цилиндров 90° . Степень сжатия $\varepsilon = 10,3$. ДВС использует бензины с ОЧ 95/98. Экспериментально полученная и заимствованная из приведенной публикации [4] универсальная характеристика двигателя приведена на рис. 1 (в исходном виде — в координатах $p_e - n$).

Существо метода отключения части цилиндров на данном режиме малой нагрузки заключается в том, что оставшиеся в работе цилиндры (активные) принимают повышенную нагрузку, в результате чего улучшаются экономические показатели двигателя.

Следует отметить, что при отключении части цилиндров применение ординаты p_e теряет физический смысл, так как нанесенные значения p_e относятся либо к отдельному цилиндру, либо ко всему полноразмерному двигателю, при условии равнозагруженности цилиндров. Поскольку при отключении части цилиндров ДВС должен сохранять развиваемые момент, мощность, а также выполняемую работу, сравнение показателей (в данном случае экономичности) следует проводить при использовании ординаты удельной работы двигателя ($L_{\text{уд}}$), которая представляет собой отношение полной работы, выполняемой двигателем на данном режиме, к его рабочему объему, который при регулировании изменяется в соответствии с числом активных цилиндров от i до z . Т.е. $L_{\text{уд}} = L_{\text{полн.}} / (i \cdot V_h)$ для полноразмерного двигателя и $L_{\text{уд}} = L_{\text{полн.}} / (z \cdot V_h)$ для двигателя с частью отключенных цилиндров. При этом, $L_{\text{полн.}} = 500 \cdot p_e \cdot i \cdot V_h$. В соответствии с указанным, ордината p_e на рис. 1 заменена или дополнительно снабжена ординатой $L_{\text{уд}}$. Именно этот показатель в данном методе является регулируемым (регулируемый рабочий объем двигателя — сумма рабочих объемов активных цилиндров).

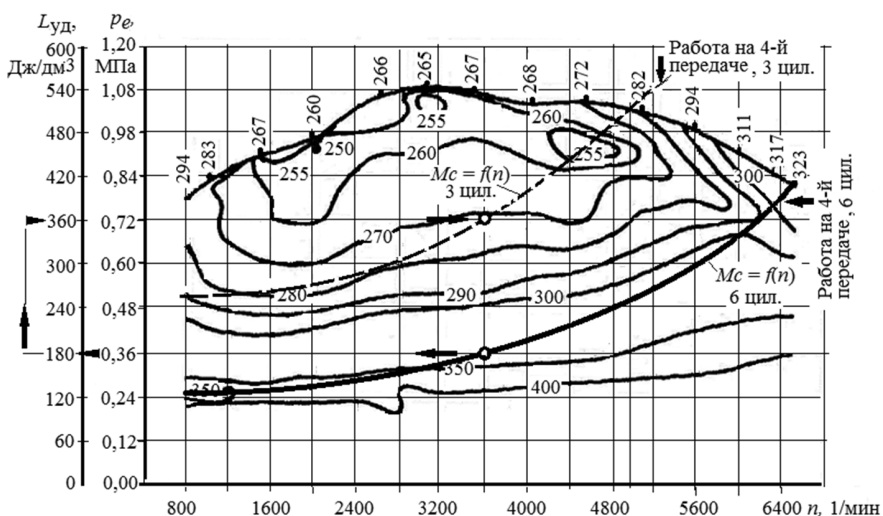


Рис. 1. Универсальная характеристика ДВС Audi V6, оснащенная ординатой удельной работы $L_{\text{уд}}$; M_c — характеристика изменения нагрузки на двигатель при установившихся режимах работы с данной частотой вращения вала (движение автомобиля с постоянными скоростями на четвертой передаче при разных частотах вращения вала ДВС)

На рисунке 1 нанесены также характеристики $M_c = f(n)$ — нагрузки двигателя при установившихся движениях автомобиля на четвертой передаче для полно-

размерного двигателя (6 цилиндров) и для двигателя, с тремя отключенными цилиндрами (3 цилиндра). Показано, что если полноразмерный ДВС работает при $n = 3600 \text{ мин}^{-1}$, то его нагрузка составляет порядка 30% от полной при том же скоростном режиме, а удельный эффективный расход топлива составляет $\sim 340 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. Двигатель, работающий на трех активных цилиндрах, будет иметь $b_e = \sim 271 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$, т.е. его экономичность повышается на $\sim 20\%$.

Расчеты, проведенные с использованием характеристик рис. 1, показали, что работа на трех цилиндрах возможна до частоты вращения порядка 5000 мин^{-1} . Характеристики изменения часовых расходов топлива (G_T) при работе двигателя на всех шести или соответственно, трех активных цилиндрах свидетельствуют о возможности повышения экономичности двигателя при применении метода отключения цилиндров (рис. 2).

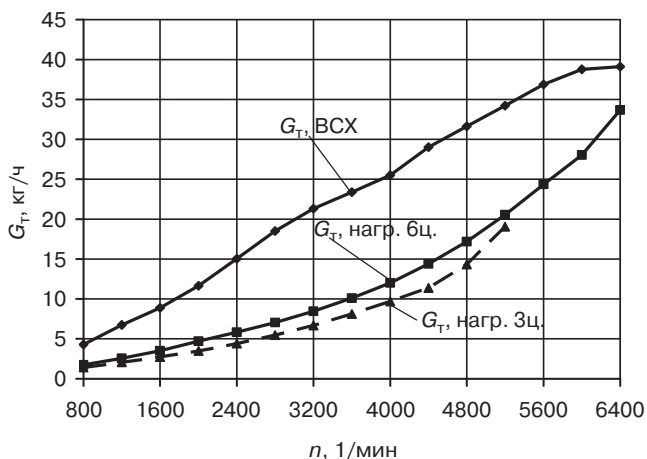


Рис. 2. Изменения часовых расходов топлива (G_T) при работе двигателя по внешней скоростной характеристике (BCX) (для сравнения) и по характеристике нагружения ($M_c = f(n)$) (нагр.) при работе полноразмерного двигателя (6 ц.) и при трех активных цилиндрах (3 ц.)

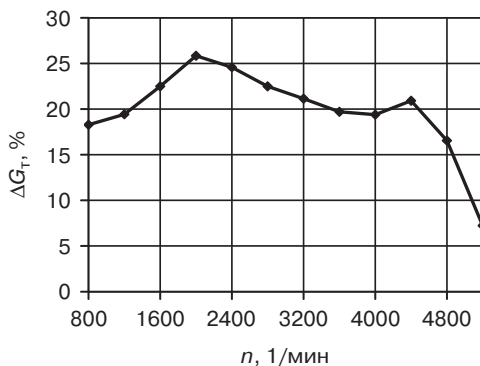


Рис. 3. Выигрыши в расходах топлива, полученные при реализации указанных выше режимов нагружения $M_c = f(n)$ двигателем с тремя активными цилиндрами по сравнению с реализацией тех же режимов двигателем полноразмерным

На рисунке 3 показаны относительные выигрыши в расходах топлива, которые могут быть получены, благодаря переводу ДВС на работу на трех цилиндрах при режимах малых нагрузок.

При этом $\Delta G_T = ((G_{T,6 \text{ ц.}} - G_{T,3 \text{ ц.}}) / G_{T,6 \text{ ц.}}) \cdot 100$.

Видно, что на отдельных режимах малой нагрузки экономия топлива, благодаря отключению трех цилиндров, составляет 20—25% по сравнению с расходом на тех же режимах при работе полноразмерного двигателя. Поскольку часть режимов протекает на трех цилиндрах, а часть, в области повышенных нагрузок, на всех шести, то в среднем, при реализации указанных режимов нагружения в условиях их равной вероятности, экономия топлива может составить порядка 10%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Патрахальцев Н.Н., Вальдеррама А., Градос Х. От отключения цилиндров — к отключению циклов // *Автомобильная промышленность*. 1995. № 11. С. 23—24.
- [2] Патрахальцев Н.Н., Страшинов С.В., Мельник И.С., Корнев Б.А. Регулирование дизеля методом изменения его рабочего объема // *Тракторы и сельхозмашины*. 2012. № 1. С. 19—22.
- [3] Патрахальцев Н.Н., Петруня И.А., Камышиников Р.О., Савастенко Э.А. Оценка возможности повышения экономичности автомобиля регулированием рабочего объема двигателя // *Автомобильная промышленность*. 2014. № 6. С. 10—12.
- [4] Faltermeier G., Leitner P., Stemmer X., Xaver T.M. Der neue Audi-V6-Motor // *MTZ: Motortech.* Z. 1991. 52. № 4. Pp. 172—176, 178, 180—181.

SOME OPPORTUNITIES TO RISE OF OPERATING FUEL ECONOMY OF PETROL ENGINE

E.A. Savastenko

Department of Heat Engineering and Heat Engines
Peoples Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

There presented some results of using of calculation-experimental method to appreciate an economy of engine during working on low loads and regulated by variation of displacement.

Key words: exploitation of motors, economic of gasoline

REFERENCES

- [1] Patrahaltsev N.N., Valderrama A., Grados J. Ot otklutheniya cilindrov k otklutheniyu ciklov. *Avtomobilnaya promyshlennost* [From cutting-out cylinders to skipping cycles. Automobile industry]. 1995. № 11. S. 23—24.

- [2] Patrahaltsev N.N., Strashnov S.V., Melnik I.C., Kornev B.A. Regulirovanie diselja metodom izmenenija ego rabothego ob'ema. Traktory i selhozmashiny [Changing the displacement volume to control a diesel engine. Tractors and agrarian machines]. 2012. № 1. S. 19—22.
- [3] Patrahaltsev N.N., Petrunya I.A., Kamyshnikov R.O., Savastenko E.A. Ocenka vozmoshnosti povyshenija ekonomithnosti avtomobilja regulirovaniem rabothego ob'ema dvigatelja. Avtomobilnaya promyshlennost [Evaluation of the possibility of controlling the engine volume to reduce the fuel consumption of an automobile. Automobile industry]. 2014. № 6. S. 10—12.
- [4] Der neue Audi-V6-Motor. Faltermeier G., Leitner P., Stemmer X., Xaver T.M. MTZ: Motortechn. Z. 1991. 52. № 4. Pp. 172—176, 178, 180—181.

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВУХСЕКЦИОННОГО ВЫНОСНОГО РОТОРНОГО НАСОСА С ВНУТРЕННИМ ЭПИЦИКЛОИДАЛЬНЫМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

В.А. Новиков, Р.М. Гусейнов, А.В. Азанов, М.В. Азанов, А.О. Пичужкин

*Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198*

Основной целью исследования является проектирование выносного роторного насоса с независимыми секциями.

В ходе исследования была спроектирована модель насоса в системе автоматизированного проектирования (CAD-система). Произведены расчеты производительности и мощности. Насос разрабатывался для усовершенствования штатной системы смазки и установки его в масляную систему двигателя Honda CBR 600. Такой насос позволяет реализовать систему смазки с сухим картером. Образец (макет) данной модели был изготовлен с применением 3D печати, для выявления и устранения недочетов конструкции, а также с целью оптимизации компоновки.

Результатом проделанной работы стал проект выносного роторного насоса, готовый к изготовлению, с последующей установкой на двигатель.

Ключевые слова: роторный насос, сухой картер, двухсекционный насос, формула студент, двигатель Honda CBR600, выносной насос

В ходе соревнований Formula Student Russia 2015 перед участниками команды Российского университета дружбы народов в очередной раз возникла проблема, связанная с выходом из строя двигателя. В процессе дефектации был выявлен факт износа вкладышей коренных и шатунных шеек коленчатого вала. Причиной этого стало полусухое трение, возникшее в результате масляного голодания двигателя в экстремальных условиях гонки. Подобная проблема часто возникает при установке мотоциклетных двигателей на гоночные болиды ввиду неприспособленности таких двигателей к повышенным боковым ускорениям, в результате которых масло отливает к стенкам (рис. 1) и в различные полости картера двигателя, что ведет к захвату воздуха маслоприемником.

Существует несколько решений указанной проблемы.

Первое возможное решение заключается в установке специальных пластин, предотвращающих отток масла. Недостатком такого решения является затрудненный возврат масла в полость поддона, что также может привести к масляному голоданию [10].

Второй вариант уменьшения масляного голодания является установка в систему гидроаккумулятора. Суть данной модификации заключается в использовании масло-резервуара высокого давления. В моменты критического падения давления в магистрали избыточное давление масла в резервуаре используется для

обеспечения непрерывной подачи смазки в основной контур маслосистемы двигателя, компенсируя пульсацию давления.

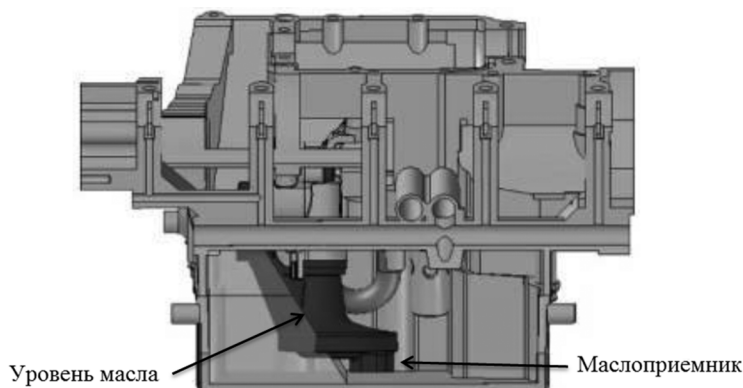


Рис. 1. Перетекание масла при перегрузке в 1.6 г. [10]

Использование вышеперечисленных модификаций малоэффективно на данном типе двигателя, о чем свидетельствуют эксперименты команды из Великобритании [10].

Третьей и самой распространенной модификацией системы смазки является разделение нагнетающего и откачивающего контуров с выносом резервуара с маслом за пределы двигателя, известной как «система смазки с сухим картером» (рис. 2). Исходя из соображений компоновки, было принято решение использовать штатный насос в качестве нагнетающего, а для откачки масла из полости картера, спроектировать насос с внутренним эпициклоидальным зацеплением, подходящий по производительности, габаритам и креплениям. Данный тип насоса по сравнению с шестеренчатым насосом с внешним зацеплением имеет меньшие габариты и более низкий уровень шума [8], а отсутствие разделительного элемента между сцепляющимися шестернями (роторами), позволяет существенно уменьшить вес [9]. Стоит также отметить, что на рынке подобные насосы от российских производителей не представлены. Единственным альтернативным вариантом является приобретение импортного насоса шестеренчатого типа внешнего зацепления, который по многим показателям, как уже было сказано ранее, проигрывает насосу с внутренним зацеплением [11].

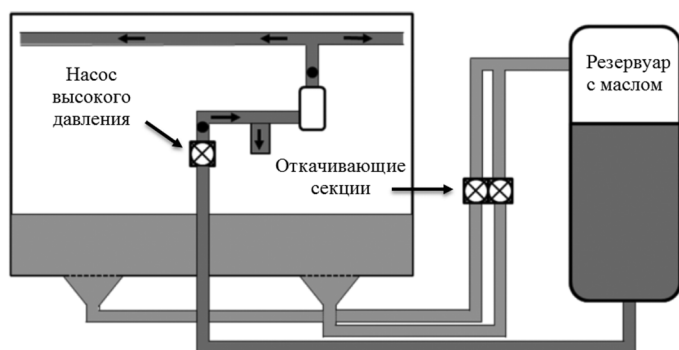


Рис. 2. Схема сухого картера

В двигателе Honda CBR600 устанавливается односекционный роторный насос. Для определения гидравлической характеристики масляный насос был снят и обмерен, после чего, были созданы 3D модели роторов (рис. 3) и произведены расчеты, данные представлены ниже.

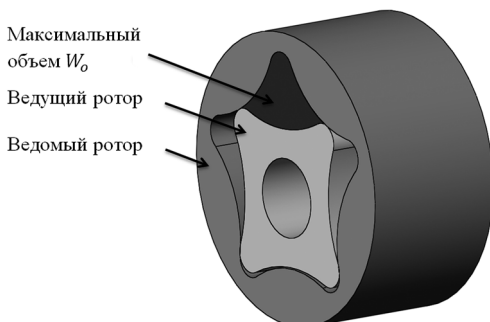


Рис. 3. Модели роторов

Объем каждой полости ($W_{\Sigma k}$) составил $2 \times 10^{-6} \text{ м}^3$ [4], учитывая, что за один оборот вала перекачивается четыре таких объема (z), то принимая во внимание кратность насоса (число подач жидкости (k) каждой камерой за один оборот вала равняется 1) рабочий объем может быть определен по формуле [1; 5]:

$$W_o = k \cdot z \cdot W_k = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ за оборот.}$$

При 1000 об/мин. такой односекционный насос будет перекачивать 8 л/мин. Передача крутящего момента с коленчатого вала на вал насоса двухступенчатая: первая ступень, соединяющая коленчатый вал и первичный вал коробки передач, имеет соотношение зубьев 45/83, вторая ступень, идущая от первичного вала к валу насоса имеет соотношение 25/26 [6]. В итоге мы имеем снижение частоты вращения вала насоса по отношению к коленчатому в 1,92 раза. Это значит, что при максимальных оборотах двигателя (12000 об/мин) насос будет совершать 6250 об/мин, и перекачивать при этом около 50 л/мин (точные расчеты приведены ниже). Это минимальная производительность, которая должна быть обеспечена откачивающим насосом. Учитывая, что в поворотах откачивающий насос также может качать воздух, из-за возникающих центробежных сил [10], а также для обеспечения ресурса [8], целесообразно повысить его производительность на определенный коэффициент. Основываясь на опыте мировых производителей насосов и условий упрощения конструкции, был выбран коэффициент 2 [3].

Чтобы спроектировать насос двухсекционным и получить производительность не менее 90 л/мин, было решено не изменять стандартную геометрию роторов насоса, а только добавить еще одну секцию [2].

Расчетная производительность одной секции [10; 7]:

$$Q = \eta_v \cdot W_o \cdot n = 0,94 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 6250 = 0,047 \text{ (м}^3\text{/мин)},$$

где η_v — объемный КПД; W_o — объем переносимый за оборот, $\text{м}^3\text{/об}$; n — частота вращения вала насоса, об/мин.

Расчетная производительность двух секций [10; 7]:

$$Q = \eta_v \cdot 2W_o \cdot n = 0,90 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 6250 = 0,09 \text{ (м}^3\text{/мин)}.$$

Во втором случае объемный КПД выбран меньше ввиду особенности конструкции, предполагающей увеличенное сопротивление движению масла.

Крутящий момент, необходимый для работы двухсекционного насоса [10]:

$$M = \frac{D \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot \eta_m} = \frac{16 \cdot 10^{-6} \cdot 130}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,8} = 0,000409 \text{ (кНм)},$$

где P — давление, создаваемое откачивающим насосом принятое равным 130 кПа [12]; η_m — механический КПД.

Мощность, требуемая для работы насоса [10]:

$$N = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,000409 \cdot 6250}{60} = 0,268 \text{ (кВт)}.$$

Получившаяся расчетная мощность насоса приемлема, так как мощность двигателя, полученная в ходе испытаний на мощностном стенде, составляет 62,5 кВт.

На основе расчетов в программе Solid Works была спроектирована 3D модель насоса (рис. 4).

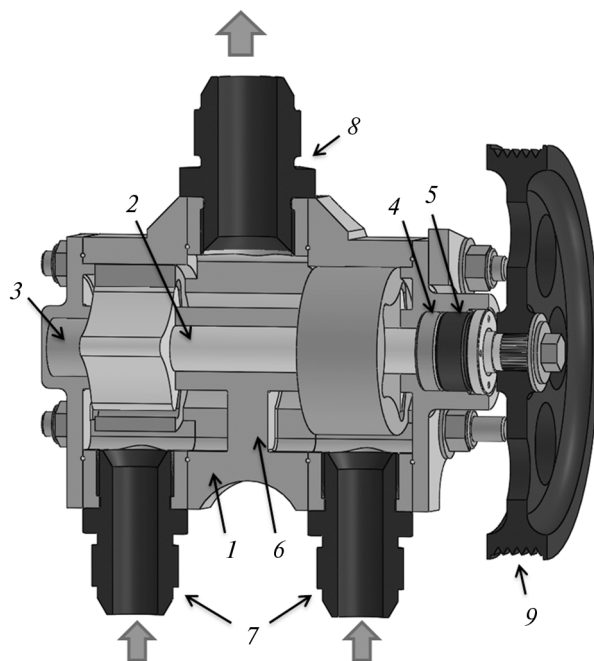


Рис. 4. Продольный разрез масляного насоса в сборе:
1 — корпус; 2 — вал; 3 — игольчатый подшипник; 4 — шариковый подшипник;
5 — сальник; 6 — разделительная перегородка;
7 — входной фитинг; 8 — выходной фитинг; 9 — шкив

Для обеспечения независимой и постоянной откачки масла из полости картера, поступающие потоки разделены перегородкой *б* (см. рис. 4). Если в процессе эксплуатации одна секция начнет качать воздух, вторая продолжит откачивать масло [5].

На каждом элементе корпуса предусмотрена канавка, для улучшения герметичности соединений корпуса и крышек насоса (рис. 5). Герметик, заполнив данные канавки, создаст герметичное соединение.

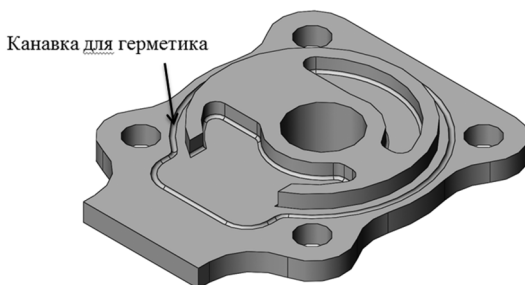


Рис. 5. Торец корпуса

Таким образом, модель рассчитанного и спроектированного насоса масляной системы была получена методом 3D печати. В настоящее время модель проходит испытания для предварительного выявления недостатков конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Лепёшкин А.В., Михалин А.А.* Гидравлические и пневматические системы. М.: Академия, 2011. 336 с.
- [2] *Елфимов С.И., Иващенко Н.А., Ивин В.И., Алексеев В.П., Вырубов Д.Н.* Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей. М.: Машиностроение, 1985. 456 с.
- [3] *Стасенко Д.Л., Лаевский Д.В.* Методика расчета героторного насоса с эпициклоидальным зацеплением // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. Выпуск № 2 (45). 2011.
- [4] *Полушков А.Г.* Насосы с внецентроидным эпициклоидальным зацеплением // Вестник Машиностроения. 1971. № 11. С. 51–53.
- [5] *Лурье З.Я., Саенко В.П.* Рабочий объем героторных гидромашин // Вестник машиностроения. 2002. № 2. С. 11–13.
- [6] Руководство по обслуживанию Honda CBR600F4i (CBR600F41) 2001-2003.
- [7] *Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Фатеев И.В.* Расчет сложных трубопроводов с насосной подачей. Учебное пособие по курсу «Гидравлика, гидромашин и гидроприводы» для студентов машиностроительных специальностей / под ред. Ю.А. Беленкова. М.: МАМИ, 2003. 48 с.
- [8] *Дмитриевский А.* Системы смазки и вентиляции картера Основные Средства. 1999. № 8.
- [9] *Григорьев М.А., Бабкин Г.А., Rogozin Ю.М.* Тенденции развития систем смазки автомобильных двигателей. М., 1979.
- [10] *Shane McKenna, Chris McKeown, Glenn Sloan, Geoffrey McCullough, Geoff Cunningham.* Dry Sump Design for a 600cc Yamaha YZF-R6 Engine — Queen’s University Belfast, 2011.
- [11] *Carr E., Rogozinski M.* “FSAE Engine Dry — Sump Oiling System Design”, Mechanical Engineering and Mechanics Dept, Drexel University, 2003.
- [12] Patent WO2010075935 A1 Nutter Racing Engines, “Facts About Crankcase Vacuum” 2009. Priority date, 8 dets. 2008. Also published as, CN102245866A.

DESIGN AND SIMULATION OF A DOUBLE STAGE REMOTE EPICYCLIC ROTARY PUMP

V. Novikov, R. Guseynov, A. Azanov, M. Azanov, A. Pichuzhkin

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

The main purpose of the research is to design a remote oil rotary pump with independent sections.

During the study carried out CAD model of the oil pump was designed. Calculations of productivity, resource and check on durability have been made. The pump was developed for Honda CBR 600 engine and adapted to dry sump system connection. The prototype of the model was made using 3D printing to identify and eliminate the defects in design, and to optimize the layout.

A Remote rotary pump was the result of this work so far, ready for-manufacturing and followed by installation it on the vehicle.

Key words: rotary pump, dry sump, two stages pump, Formula Student, Honda CBR600 engine, remote pump

REFERENCES

- [1] Lepeshkin A.V., Mikhaylin A.A. *Gidravlicheskie i pnevmaticheskie sistemy* [Hydraulic and pneumatic systems]. M.: Akademiya, 2011. 336 s.
- [2] Efimov S.I., Ivashchenko N.A., Ivin V.I., Alekseev V.P., Vyubov D.N. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Sistemy porshnevnykh i kombinirovannykh dvigateley* [Internal combustion engines. Systems of piston and combined engines]. M.: Mashinostroenie, 1985. 456 s.
- [3] Stasenko D.L., Laevskiy D.V. *Metodika rascheta gerotornogo nasosa s epitsikloidal'nym zatsepleniem. Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. P.O. Sukhogo* [The methodology of calculation of gerotor pump with epicyclic gearing. Bulletin of the Gomel State Technical University]. Vypusk № 2 (45). 2011.
- [4] Polyushkov A.G. *Nasosy s vnetsentroidnym epitsikloidal'nym zatsepleniem. Vestnik mashinostroeniya* [Pumps with non centrode epicyclic gearing. Bulletin of machinery building]. 1971. № 11. S. 51–53.
- [5] Lur'e Z.Ya., Saenko V.P. *Rabochiy ob'em gerotornykh gidromashin. Vestnik mashinostroeniya* [Displacement of hydraulic gerotor. Herald. engineering]. 2002. № 2. S. 11–13.
- [6] *Rukovodstvo po obsluzhivaniyu Honda CBR600F4i (CBR600F41) 2001-2003* [Honda Service Manual CBR600F4i (CBR600F41) 2001-2003].
- [7] Lepeshkin A.V., Mikhaylin A.A., Fateev I.V. *Raschet slozhnykh truboprovodov s nasosnoy podachey. Uchebnoe posobie po kursu «Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody» dlya studentov mashinostroitel'nykh spetsial'nostey. Pod redaktsiey professora Yu. A. Belenkova* [Calculation of complex piping to the pump supply. The manual for the course «Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives» for students of engineering specialties. Edited by Professor Yu. Belenkova]. M.: MAMI, 2003. 48 s.
- [8] Dmitrievskiy A. *Sistemy smazki i ventilyatsii kartera Osnovnye Sredstva* [Lubrication systems and crankcase ventilation Fixed Assets]. 1999. № 8.
- [9] Grigor'ev M.A., Babkin G.A., Rogozin Yu.M. *Tendentsii razvitiya sistem smazki avtomobil'nykh dvigateley* [Tendencies of development of automobile engine lubrication systems]. M., 1979.
- [10] Shane McKenna, Chris McKeown, Glenn Sloan, Geoffrey McCullough, Geoff Cunningham. *Dry Sump Design for a 600cc Yamaha YZF-R6 Engine* — Queen's University Belfast 2011.
- [11] Carr E., Rogozinski M. "FSAE Engine Dry — Sump Oiling System Design", Mechanical Engineering and Mechanics Dept, Drexel University, 2003.
- [12] Patent WO2010075935 A1 Nutter Racing Engines, "Facts About Crankcase Vacuum" 2009. Priority date, 8 dets. 2008. Also published as, CN102245866A.

ИННОВАЦИОННОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 544.623.032.73:624.131.413

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДИФFUЗНОГО СЛОЯ ГЛИНИСТЫХ ЧАСТИЦ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЧВ

Д.А. Безик¹, Е.И. Безик²

¹ ФГБОУ ВО Брянский государственный аграрный университет
ул. Советская 2а, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская обл., Россия, 243365

² МБОУ-Кокинская СОШ
ул. Школьная, 1а, д. Скрябино, Выгоничский р-н, Брянская обл., Россия, 243365

В статье рассматриваются вопросы строения диффузного слоя коллоидных частиц почвы. Приведены аналитические выражения для распределения концентрации ионов и электрического потенциала по толщине водной пленки, покрывающей частицы, а также выражение для ее удельной поверхностной электропроводности. Приводится сравнение зависимости электропроводности от влажности почвы, полученное в эксперименте и расчетным путем.

Ключевые слова: диффузный слой, глинистые частицы, электрический потенциал, электропроводность

Введение

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве проявляется тенденция к переходу к системе точного земледелия. Она подразумевает обработку каждого участка поля в соответствии с его локальными потребностями. Это требует разработки быстрых и точных средств диагностики состояния почв. Информативным, быстрым и технологичным способом является диагностика состояния почвы по ее электрическим характеристикам — электропроводности, диэлектрической проницаемости, их частотным зависимостям [9; 11]. Для электророндирования почв применяются разные методы и приборы, выпускаемые промышленностью. В то же время полной теории, описывающей связь электрических параметров почвы с его агротехническими свойствами, пока нет. Создание такой теории весьма актуально.

Теоретическое определение электропроводности — трудная задача, и для ее описания предлагаются различные модели. Например, Родес [12] предложил формулу для расчета электропроводности, учитывающую объемную проводимость твердой, жидкой фаз и поверхностную проводимость. Эта формула показывает

влияние на электропроводность отдельных составляющих почвы, но практически она не может применяться, так как каждый из ее параметров трудно определить.

Некоторые авторы предлагают для практического использования различные эмпирические формулы [11]. Их общим недостатком является узкая область применимости.

Целью настоящей статьи является установление основных факторов и зависимостей, определяющих электропроводность почвы.

Постановка задачи

Электропроводность почвы определяется проводимостью твердой фазы и проводимостью почвенного раствора. Кроме того, некоторое влияние оказывает и газовая среда [2]. В проводимости почвенного раствора часто выделяют поверхностную проводимость, обусловленную диффузным слоем минеральных и органических коллоидных частиц и проводимость порового раствора [5; 11; 12].

Твердая фаза представлена в почве минеральной и органической частью. Почвенные минералы представлены первичными и вторичными минералами [6]. Из-за гетеровалентных изоморфных замещений (SiO^{4+} на AlO^{3+} ; AlO^{3+} на Fe^{2+} , Mg^{2+} и др.) кристаллы почвенных минералов приобретают нескомпенсированный отрицательный заряд, который компенсируется обменными катионами (Na^+ , K^+ и др.). При наличии воды ионы (обменные ионы, для глинистых почв чаще всего — катионы), компенсирующие заряд ионов-заместителей, диссоциируют и обуславливают наличие диффузного электрического слоя у минеральных частиц, проводящий электрический ток.

Большинство почв нечерноземной зоны России имеют непроводящие минеральные частицы, поэтому основной вклад в электропроводность вносит почвенный раствор. В зонах с промывным водным режимом засоленность почв невелика. Она составляет от десятков миллиграмм на литр почвенного раствора в подзолистых до нескольких грамм в черноземных почвах [6]. В то же время существенным источником ионов проводимости в почвенном растворе являются обменные катионы коллоидных частиц. Для почв Брянской области емкость катионного обмена (ЕКО) составляет десятые доли моль/л [8]. Таким образом, в ионной проводимости почвенного раствора рассматриваемых почв основную роль играют именно обменные, а не свободные ионы.

Определение основных зависимостей

Основной механический состав почвы, глина и глинистые частицы имеют отрицательный поверхностный заряд [5]. Для определения электропроводности необходимо рассмотреть распределение обменных ионов в почвенном растворе.

Рассматривать будем одномерную задачу, т.е. будем считать, что поверхность частиц плоская и изменение концентрации и электрического потенциала зависит от одной координаты. Механической обработке подвергается почва с небольшой влажностью, что характерно и для оптимального роста растений. Поэтому будем рассматривать почву, имеющую небольшую влажность (5 ÷ 30%). Это означает, что минеральные частицы будут находиться не в бесконечной водной среде, а будут покрыты тонкой пленкой воды, толщиной l . Для экспериментальной про-

верки предложенных зависимостей использованы моноионные глины, поэтому будем считать, что имеется только один вид анионов и катионов.

Определение распределения ионов в диффузном слое представляет собой стандартную задачу по решению уравнения Пуассона-Больцмана [10]:

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} = -\frac{1}{\varepsilon\varepsilon_0} \sum_i z_i e n_{i0} \exp\left(\frac{-z_i e \varphi(x)}{kT}\right), \quad (1)$$

где φ — потенциал электрического поля, В; x — расстояние от поверхности глинистой частицы, м; ε — диэлектрическая проницаемость воды; ε_0 — электрическая постоянная; z_i — заряд i -го иона; e — элементарный заряд; n_{i0} — концентрация i -го иона в точке с нулевым потенциалом, м⁻³; k — постоянная Больцмана; T — абсолютная температура, К.

В нашем случае раствор представляет собой ограниченную пленку, и концентрации n_{i0} различны для различных ионов, даже в случае симметричного электролита.

Путем однократного интегрирования из уравнения Пуассона-Больцмана для плоской поверхности можно получить выражение для напряженности электрического поля в диффузном слое:

$$E = \frac{d\varphi}{dx} = \sqrt{\frac{2kT}{\varepsilon\varepsilon_0} \left(n_0^+ \left(e^{\frac{z^+ e \varphi}{kT}} - 1 \right) + n_0^- \left(e^{\frac{z^- e \varphi}{kT}} - 1 \right) \right)}. \quad (2)$$

В случае хемосорбции или при рассмотрении «чистых почв» с очень малой засоленностью можно считать, что ионы одного вида полностью адсорбированы, а другие — могут диссоциировать. В нашем случае могут диссоциировать катионы, а отрицательные заряды жестко связаны с глинистыми частицами. Тогда концентрацию анионов в растворе можно принять равной нулю: $n_0^- = 0$.

В этом случае уравнение (2) также можно проинтегрировать и с использованием граничного условия $\varphi|_{x=l} = 0$ получим распределение потенциала в тонкой пленке воды на коллоидной частице:

$$\varphi = \frac{2kT}{ze} \ln \left(\cos \left(\sqrt{\frac{z^2 e^2 n_0^+}{2\varepsilon\varepsilon_0 kT}} (l-x) \right) \right). \quad (3)$$

Будем считать, что при $x = 0$ начинается диффузный слой, а слой Штерна расположен при $x < 0$, и будем рассматривать только распределение ионов в диффузном слое, который фактически простирается на всю толщину водной пленки. Тогда значение потенциала Штерна:

$$\varphi_d = \frac{2kT}{ze} \ln \left(\cos \left(\sqrt{\frac{z^2 e^2 n_0^+}{2\varepsilon\varepsilon_0 kT}} l \right) \right), \quad (4)$$

т.е. он зависит от толщины водяной пленки.

Концентрация катионов, согласно Гуи и Чепмену, подчиняется распределению Пуассона:

$$n^+ = n_0^+ e^{-\frac{ze\varphi}{kT}},$$

откуда, используя (3), можно получить закон распределения катионов в диффузном слое:

$$n^+ = n_0^+ \cos^{-2} \left(\sqrt{\frac{z^2 e^2 n_0^+}{2\varepsilon\varepsilon_0 kT}} (l-x) \right), \quad (5)$$

а также концентрацию катионов около слоя Штерна:

$$n_d^+ = n_0^+ \cos^{-2} \left(\sqrt{\frac{z^2 e^2 n_0^+}{2\varepsilon\varepsilon_0 kT}} l \right). \quad (6)$$

Поверхностная плотность катионов $N_{уд}$ в диффузном слое (на 1 м^2) получается интегрированием (5):

$$N_{уд} = \sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0 kT n_d^+}{z^2 e^2}} \sqrt{1 - \frac{n_0^+}{n_d^+}} \quad (7)$$

или

$$N_{уд} = \frac{\sqrt{n_d^+ - n_0^+}}{t}, \quad (8)$$

где $t = \sqrt{\frac{z^2 e^2}{2\varepsilon\varepsilon_0 kT}}$.

Эта постоянная, фактически присутствующая в (3)—(7), схожа с эффективной толщиной ионной атмосферы в теории Дебая-Хюккеля, однако в выражении для t концентрация n_0 — это не концентрация электролита на удалении от коллоидной частицы, а концентрация в точке, где потенциал электрического поля равен нулю.

Максимальная поверхностная плотность обменных катионов в диффузном слое определяется емкостью катионного обмена (ЕКО) почвы:

$$N_{ад.макс} = \frac{ЕКО \cdot N_A}{S_{уд}}, \quad (9)$$

где ЕКО — емкость катионного обмена, моль/кг; $S_{уд}$ — удельная площадь поверхности глинистых частиц, $\text{м}^2/\text{кг}$; N_A — число Авогадро.

Для адсорбции обменных катионов примем модель мономолекулярной адсорбции Ленгмюра [1. С. 511]. В этой модели количество адсорбированных ионов зависит от концентрации адсорбируемых ионов, однако в нашем случае мы будем рассматривать зависимость не от концентрации электролита в поровом растворе, а от концентрации противоионов вблизи слоя Штерна n_d^+ . Согласно Ленгмюру:

$$N_{\text{ад}} = N_{\text{ад.макс}} \frac{k_{\text{ад}} n_d^+}{1 + k_{\text{ад}} n_d^+}, \quad (10)$$

где $k_{\text{ад}}$ — коэффициент адсорбции, м^3 .

Коэффициент адсорбции в уравнении (10) равен отношению констант адсорбции и десорбции и соответственно зависит от скоростей этих двух процессов, в частности от температуры.

Количество некомпенсированных анионов коллоидных частиц равно количеству катионов в диффузном слое:

$$N_{\text{ад.макс}} - N_{\text{ад}} = N_{\text{уд}}$$

Из этого уравнения и (10) можно получить формулу

$$\frac{\text{ЕКО} \cdot N_A}{S_{\text{уд}}} = \left(1 + k_{\text{ад}} \frac{n_0^+}{\cos^2(t\sqrt{n_0^+})} \right) \frac{\sqrt{n_0^+}}{t} \text{tg}(t\sqrt{n_0^+}), \quad (11)$$

из которой по заданной толщине водяной пленки l , емкости катионного обмена ЕКО и коэффициенту адсорбции $k_{\text{ад}}$ можно (путем численного решения) определить концентрацию n_0^+ , а затем распределение ионов по толщине диффузного слоя и его удельную поверхностную электропроводность.

Поверхностная электропроводность γ_s диффузного слоя равна

$$\gamma_s = \int_0^l \gamma dx = \int_0^l z e n^+ b^+ dx, \quad (12)$$

где γ — удельная электропроводность раствора, находящегося на расстоянии x от частицы, См/м ; b^+ — подвижность ионов, $\text{В}/(\text{м} \cdot \text{с})$.

Как отмечено в литературе, свойства связанной воды меняются при приближении к коллоидной частице [9]. Ориентированность молекул воды возрастает по мере приближения к адсорбирующей поверхности, а подвижность сольватированных ионов — уменьшается. Вопрос о подвижности ионов представляет собой отдельную задачу, учитывающую зависимость сольватации и собственно подвижности от толщины водяной пленки, а также включающий гидродинамическую задачу.

Если подвижность ионов принять равной скорости движения воды в пленке под действием кулоновской силы на ионы (электроосмос), то она равна

$$b^+ = \frac{ze}{\eta t^2} \ln \left(\frac{\cos(t\sqrt{n_0^+}(l-x))}{\cos(t\sqrt{n_0^+}l)} \right), \quad (13)$$

где η — вязкость воды, Па · с.

Тогда из (5), (12) и (13) удельная поверхностная электропроводность водяной пленки на поверхности глинистых частиц:

$$\gamma_s = \frac{z^2 e^2 \sqrt{n_0^+}}{\eta l^3} \left(\operatorname{tg}(t\sqrt{n_0^+}l) - t\sqrt{n_0^+}l \right). \quad (14)$$

Электропроводность почвы зависит от ее дисперсного и минерального состава, формы и ориентации частиц, но если эти частицы не проводят электрический ток, то электропроводность почвы будет пропорциональна выражению (14).

Экспериментальная проверка и обсуждение результатов

Для проверки полученных выражений был проведен эксперимент по определению электропроводности почвы в зависимости от ее влажности.

Экспериментальная проверка производилась на установке, представленной на рис. 1. Измерение проводимости почвы проводилось на переменном токе кондуктометрическим методом по двухэлектродной схеме включения.

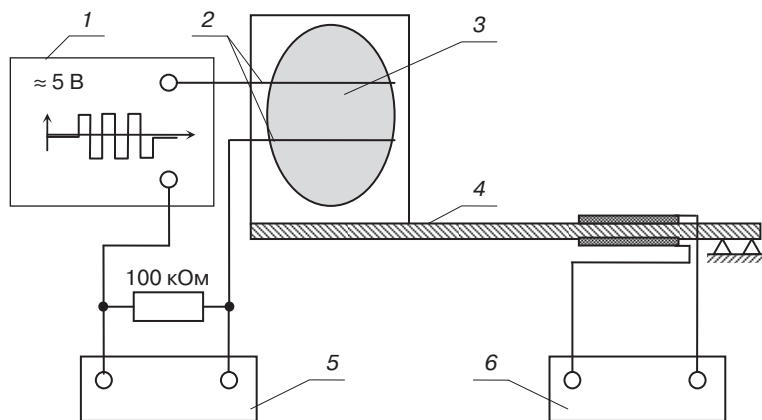


Рис. 1. Схема установки по измерению проводимости почвы:

- 1 — источник питания кондуктометрической ячейки; 2 — электроды;
- 3 — стеклянная подложка с исследуемым образцом; 4 — тензобалка;
- 5 — выход к измерителю сопротивления; 6 — выход к измерителю приращения массы

Исследуемые образцы помещали в виде суспензии на стеклянную подложку с электродами из инертного сплава ПдВ-20. Т.0, 15ПдВ-20. Подложка закреплялась на тензобалке, подключенной к схеме измерения приращения массы. Образцы

предварительно увлажняли дистиллированной водой, которая постепенно испарялась и поглощалась кюветой с хлористым кальцием. Процесс протекал медленно, около суток, что позволяло считать температуру образца неизменной. Измерения проводились через заданные промежутки времени (30 с) в автоматическом режиме под управлением компьютера. Вся установка находилась в термостате.

Для образцов использовали глинистые дерново-подзолистые почвы Брянской области из горизонта В без органических примесей. Почва использовалась после предварительной обработки растворами солей для получения моноионных образцов по методике К.К. Гедройца [5].

На рисунке 2 показаны графики проводимости моноионной глины от влажности, а также расчетная зависимость, параметры которой ($k_{ад}$ и масштабный коэффициент) были подобраны методом наименьших квадратов. Концентрация катионов на границе водной пленки рассчитывалась по уравнению (11) по заданной ЕКО и удельной площади $S_{уд}$. Подобранный значение коэффициента адсорбции для приведенного графика $k_{ад} = 1,5^{-25} \text{ м}^3$.

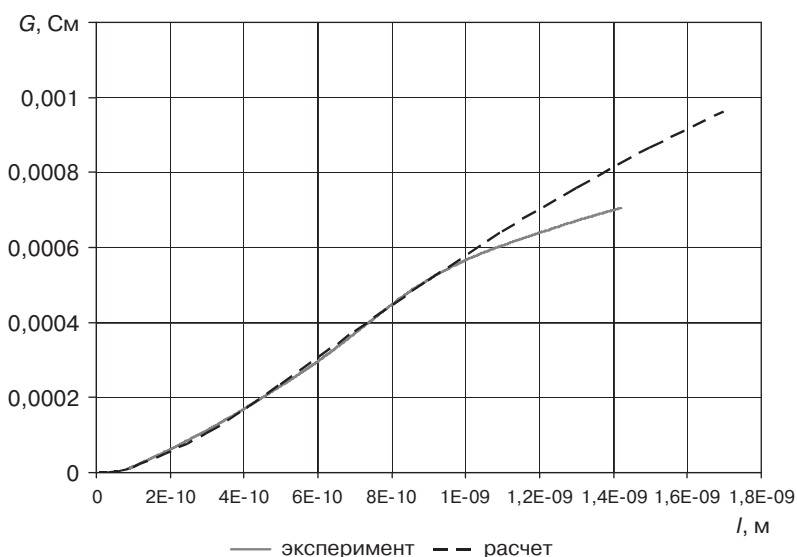


Рис. 2. Сравнение экспериментальной и теоретической зависимости проводимости почвы от влажности

Согласно рисунку 2 расчетный график достаточно хорошо описывает зависимость проводимости почвы от ее влажности. Некоторое отличие объясняется выбором зависимости подвижности ионов от расстояния до твердой частицы. Кроме того, при выводе расчетных формул не учитывалась адсорбция ионов свободной поверхностью воды. Отклонение расчетной зависимости от экспериментальной при большой толщине водной пленки (влажности) объясняется, по-видимому, переходом от плоского течения электрического тока к объемному.

Такой же эксперимент был проведен и при других температурах. Коэффициент адсорбции $k_{ад}$ подбирался в каждом случае по методу наименьших квадратов. За-

зависимость коэффициента адсорбции от температуры можно описать уравнением [3. С. 441]:

$$k_{ад} = k_{ад.0} e^{-\frac{Q}{RT}},$$

где $k_{ад.0}$ — частотный множитель, м^3 ; Q — теплота адсорбции, Дж/моль.

Следовательно, зависимость $k_{ад}(T)$ в координатах $\ln(k_{ад}), 1/T$, должна представлять собой прямую. Соответствующий график приведен на рисунке 3 и косвенно подтверждает правильность определения коэффициента адсорбции.

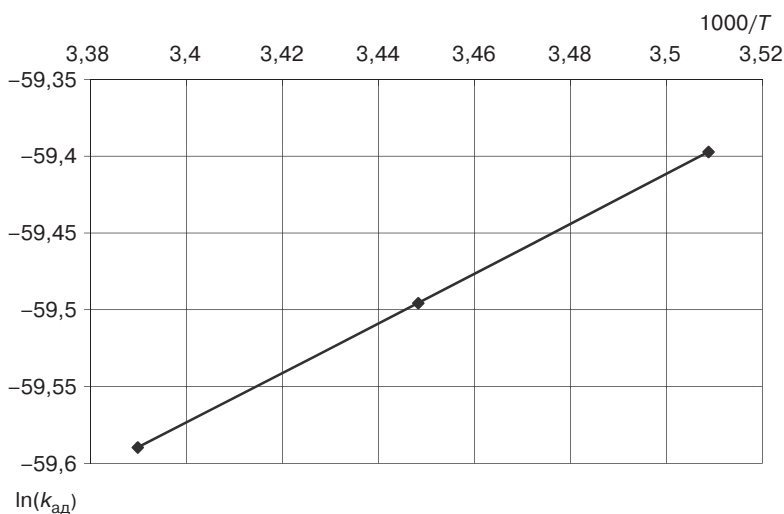


Рис. 3. Зависимость коэффициента адсорбции от температуры

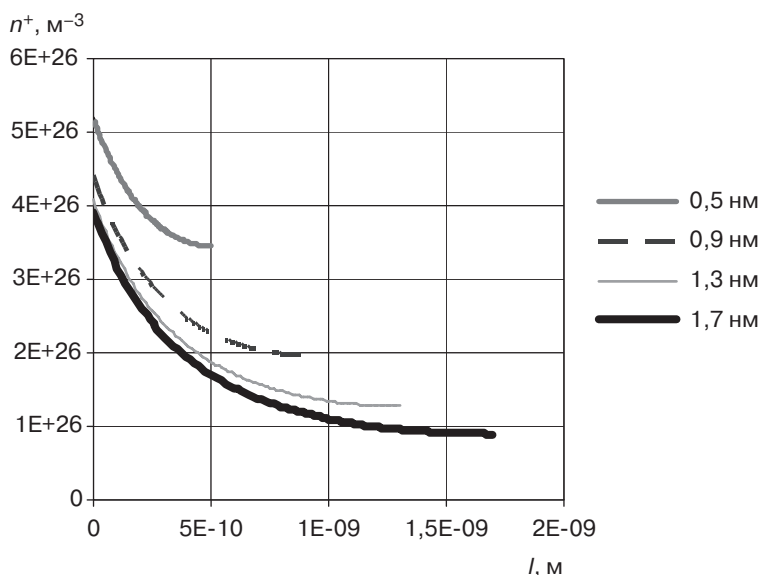


Рис. 4. Распределение обменных катионов в водной пленке на глинистой частице

Полученные аналитические зависимости позволяют определить характер изменения концентрации катионов в водной пленке, потенциал Штерна и др.

На рисунке 4 показано распределение обменных катионов по толщине водной пленки. Видно, что по мере уменьшения влажности, т.е. уменьшения толщины водной пленки, увеличивается концентрация ионов, причем как на свободной границе пленки, так и вблизи слоя Штерна.

Диффузный слой коллоидных глинистых частиц отчетливо выражен только в случае большой влажности, когда концентрация катионов велика около частиц, а в остальном объеме она существенно меньше. В этом случае имеет смысл разделять электропроводность на объемную и диффузную (поверхностную), как это делает ряд авторов [5; 11; 12]. Если же влажность почвы не велика, то концентрация обменных катионов практически неизменна по толщине пленки и такое разделение не целесообразно. Различие в концентрациях ионов на свободной границе и около слоя Штерна иллюстрирует рис. 5.

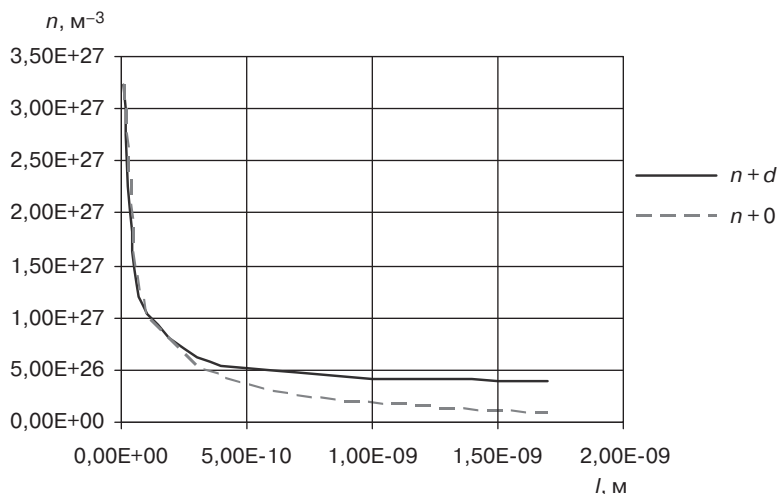


Рис. 5. Зависимость концентрации ионов на свободной границе n_0^+ и около слоя Штерна n_d^+ от толщины водной пленки

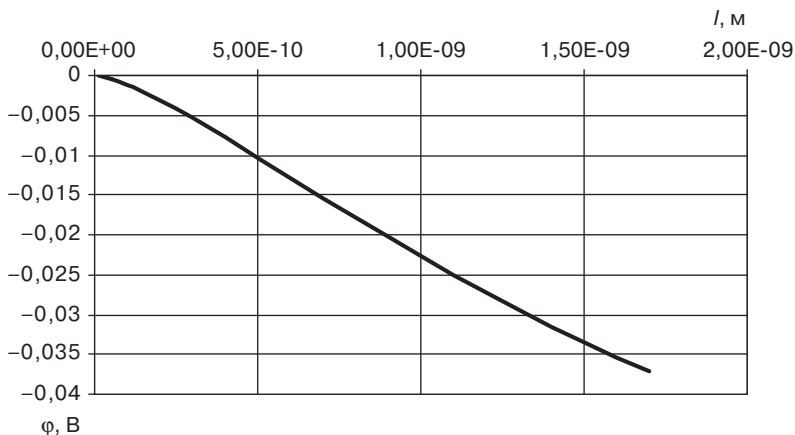


Рис. 6. Зависимость потенциала Штерна от толщины водной пленки (ионы K^+ , $T = 293$ К, $EKO = 0,159$ моль/кг)

Формула (4) показывает, что потенциал Штерна зависит от толщины водной пленки и, соответственно, влажности почвы (рис. 6). Этот потенциал связан с ζ -потенциалом, определяющим электрокинетические явления. При деформации почвы может возникать ЭДС, связанная с потенциалом течения, который как раз и определяется ζ -потенциалом.

Выводы

Электропроводность почв в первую очередь определяется электропроводностью ее жидкой фазы. Основными носителями заряда в почвах нечерноземной зоны России являются обменные ионы коллоидных частиц. При расчете электропроводности почв необходимо рассматривать распределение ионов во всем объеме поровой воды, не разделяя объемный слой проводимости и диффузный. Полученные аналитические зависимости позволяют рассчитать распределение ионов в пленке воды на коллоидных частицах почвы, потенциал Штерна и удельную поверхностную проводимость пленки почвенного раствора. При этом основными факторами, определяющими электропроводность почв, является влажность, емкость катионного обмена и удельная поверхность твердой фазы почвы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Адамсон А.* Физическая химия поверхностей. М.: Мир, 1979. 568 с.
- [2] *Безик Д.А., Гурьянов Г.В.* Влияние газовой фазы на электрические свойства почв // Научное обозрение. 2015. № 11. С. 123—132.
- [3] *Безик Д.А., Гурьянов Г.В., Юдина Е.М.* Электрические явления при обработке почвы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 1. С. 270—272.
- [4] *Елисеев П.И.* Взаимосвязь некоторых свойств почвы легкого гранулометрического состава гумидной зоны с электрофизическими параметрами: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 2013. 25 с.
- [5] *Злочевская Р.И., Королев В.А.* Электроповерхностные явления в глинистых породах. М.: Изд-во МГУ, 1988. 177 с.
- [6] *Кауричев И.С., Панов Н.П., Розов Н.Н.* и др. Почвоведение / под ред. И.С. Кауричева. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1989. 719 с.
- [7] *Королев В.А.* Связанная вода в горных породах: новые факты и проблемы // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 9. С. 79—85.
- [8] *Просянкин Е.В., Смольский Е.В., Гуца А.С.* Влияние загрязнения нефтью на почвы юго-запада нечерноземной зоны России // Агрохимия. 2012. № 7. С. 74—86.
- [9] *Субботина М.Г., Батье-Салес Хорхе.* Об электропроводности почв в современных условиях // Пермский аграрный вестник. 2013. № 3 (3). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ob-elektroprovodnosti-pochv-v-sovremennyh-issledovaniyah>
- [10] *Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А.* Коллоидная химия: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2004. 445 с.
- [11] *Corwin D.L.* 2008. Past, present and future trends of soil electrical conductivity measurement using geophysical methods. In: B.J. Allred, J.J. Daniels and M.R. Ehsani (editors) Handbook of Agricultural Geophysics. CRC Press. Boca Raton, FL. Chapter 2 pp. 17—44.
- [12] *Rhoades J.D., Manteghi N.A., Shouse P.J., Alyes W.J.* Soil Sci. Soc. Am. J., 53. 433—439. 1989.

CALCULATION OF PARAMETERS OF DIFFUSE LAYER OF CLAY PARTICLES AND THEIR INFLUENCE ON THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE SOIL

D.A. Bezik¹, E.I. Bezik²

¹ Bryansk state agrarian University
Sovetskaya str., 2a, s. Kokino, Vygonichsky district, Bryansk region, Russia, 243365

² MBOU-Kokinskaja school
School str., 1a, d. Skryabino, Vygonichsky district, Bryansk region, Russia, 243365

The article discusses the structure of the diffuse layer of colloidal particles of the soil. The authors present analytical expressions for the concentration distributions for the exchange of ions and electric potential through the thickness of the water film covering the particles. Also given the expression for the specific surface conductivity of colloidal particles. The dependence of the conductivity of the soil moisture obtained in the experiment is compared with the calculated dependence.

Key words: diffuse layer, clay particles, electric potential, electrical conductivity

REFERENCES

- [1] Adamson A. *Fizicheskaya himiya poverhnostej* [Physical chemistry of surfaces]. M.: Mir, 1979. 568 s.
- [2] Bezik D.A., Gur'yanov G.V. *Vliyanie gazovoj fazy na ehlektricheskie svojstva pochv. Nauchnoe obozrenie* [The influence of the gas phase on the electrical properties of soils. Scientific review]. 2015. № 11. S. 123—132.
- [3] Bezik D.A., Gur'yanov G.V., Yudina E.M. *Elektricheskie yavleniya pri obrabotke pochvy. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Electrical phenomena at the soil. Proceedings of Kuban state agrarian University]. 2015. № 1. S. 270—272.
- [4] Eliseev P.I. *Vzaimosvyaz' nekotoryh svojstv pochvy legkogo granulometricheskogo sostava gumidnoj zony s ehlektrofizicheskimi parametrami: avtoref. diss. ... kand. biol. nauk* [The relationship of some properties of soils of light granulometric composition of humid areas with electrical parameters: abstract. diss. kand. biol. sciences]. M., 2013. 25 s.
- [5] Zlochevskaya R.I., Korolev V.A. *Elektropoverhnostnye yavleniya v glinistyh porodah* [Surface phenomena in argillaceous rocks]. M.: Izd-vo MGU, 1988. 177 s.
- [6] Kaurichev I.S., Panov N.P., Rozov N.N. i dr. *Pochvovedenie. Pod red. I.S. Kauricheva. 4-e izd., pererab. i dop.* [Soil science. Edited by I.S. Kaurichev. 4-e izd., rev.]. M.: Agropromizdat, 1989. 719 s.
- [7] Korolev V.A. *Svyazannaya voda v gornyh porodah: novye fakty i problem. Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal* [The Bound water in rocks: new facts and problems. Soros educational journal]. 1996. № 9. S. 79—85.
- [8] Prosyannikov E.V., Smol'skij E.V., Gushcha A.S. *Vliyanie zagryazneniya neft'yu na pochvy yugo-zapada nechennozernoj zony Rossii. Agrohimiya* [Effect of oil pollution on soils of the South-West nechernozemny zone of Russia]. 2012. № 7. S. 74—86.
- [9] Subbotina M.G., Bat'e-Sales Horhe. *Ob ehlektroprovodnosti pochv v sovremennyh usloviyah. Permskij agrarnyj vestnik* [About conductivity of soil in modern conditions. Agrarian Bulletin of the Perm]. 2013. № 3 (3). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ob-ehlektroprovodnosti-pochv-v-sovremennyh-issledovaniyah>
- [10] Shchukin E.D., Percov A.V., Amelina E.A. *Kolloidnaya himiya: uchebnik. 3-e izd., pererab. i dop.* [Colloid chemistry: textbook. 3-e izd., rev. and extra]. M.: Vyssh. shk., 2004. 445 s.

- [11] Corwin D.L. 2008. Past, present and future trends of soil soil electrical conductivity measurement using geophysical methods. In: B.J. Allred, J.J. Daniels and M.R. Ehsani (editors) Handbook of Agricultural Geophysics. CRC Press. Boca Raton, FL. Chapter 2 pp. 17—44.
- [12] Rhoades J.D., Manteghi N.A., Shouse P.J., Alves W.J. Soil Sci. Soc. Am. J., 53. 433—439. 1989.

ВАЛОВОЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛЕССОВЫХ И ЛЕССОВИДНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД УЗБЕКИСТАНА И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ГРУНТОВЫХ ВОД

И.А. Агзамова, А.А. Адилов

Ташкентский государственный технический университет
ул. Университетская, 2, Ташкент, Узбекистан, 100095

Описано распространение лессовых и лессовидных пород, рассмотрены главные факторы формирования минерализации грунтовых и поверхностных вод Узбекистана, процессы растворения, выщелачивания. Геологические процессы и явления во взаимодействии с геологической и водной среды являются главными факторами формирования минерализации и химического состава грунтовых вод.

Ключевые слова: минерализация, выщелачивание, растворение, агрессивность, подземная вода, анионы, химический состав, легкорастворимые соли

Нами обобщены результаты комплексного исследования валового химического состава лессовых и лессовидных супесчано-суглинистых горных пород на 74 месторождениях кирпичного сырья, расположенных в Приаральской дельте р. Амударьи — 11 месторождений, в Хорезмской дельте р. Амударьи — 6, в Бухара-Каракульском бассейне — 12, в Зарафшанском бассейне — 7, в Кашкадарьинской котловине — 5, в Сурхандарьинской котловине — 4, в Приташкентском бассейне — 16 и в Ферганской котловине — 14 месторождений, — объектов исследований (табл. 1).

Лессы и лессовидные горные породы занимают 95% территории Ферганской котловины на 80—85%, Приташкентского района — на 40—45%, Сурхандарьинскую котловину. Они распространены целыми массивами в Кашкадарьинской и Бухара-Зарафшанской котловинах, а также в Хорезмской и Приаральской дельтах р. Амударьи (рис.).

Во всех изученных нами лессовых и лессовидных супесчано-суглинистых горных породах преобладают окислы кремния (SiO_2), составляющие от 51% в Приаральской дельте Амударьи до 57% в Бухара-Каракульском бассейне. Содержание окисла кремния в лессах и лессовидных породах в среднем по Узбекистану составляет 54%. За окислами кремния по содержанию следуют окислы кальция и алюминия — CaO и Al_2O_3 , содержания которых в отдельных регионах от 9 до 13%, по Узбекистану в среднем по 11,5%. Наиболее низкое содержание отмечается SO_3 , среднее их содержание в лессовых породах Узбекистана 1%. Содержание MgO немного больше, чем CO_3 , и составляет в среднем по Узбекистану 3%. Окислы $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ содержатся в лессовых и лессовидных породах Узбекистана в среднем 3,5—4,5%, колебаясь в отдельных месторождениях от 2 до 10%. Наибольшее содержание окислов железа 8—10% отмечается в супесчано-суглинистых

породах Приаральской дельты Амударьи и наименьшее содержание 3,4—4% — в лессовых породах Сурхандарьинской котловины. Содержание окислов редкоземельных металлов K_2O и Na_2O в сумме в большинстве регионов Узбекистана составляет 3—4%, в среднем 2,5% в Зарафшанском бассейне и по 4% в Кашкадарьинской котловине и Хорезмской дельте Амударьи. Газ CO_2 во всех исследованных породах содержится в пределах 6,5—9%, в среднем по Узбекистану 8% (табл. 1).

Таблица 1

Валовой химический состав лессовидных горных пород Узбекистана

Регион распространения	Глубина опробования, м	Химический состав, %								Сумма, %
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O+Na_2O	SO_3	CO_2	
Приаральская дельта Амударьи	1-4	$\frac{45-58}{51}$	$\frac{11-13}{12}$	$\frac{8-10}{8}$	$\frac{10-13}{11}$	$\frac{3-5}{4}$	$\frac{3-4}{3}$	$\frac{0-1}{0,5}$	$\frac{8-10}{9}$	98
Хоразмская дельта Амударьи	1-3	$\frac{48-55}{52}$	$\frac{10-13}{12}$	$\frac{3-5}{4}$	$\frac{10-13}{11,5}$	$\frac{3-4}{3,5}$	$\frac{3-5}{4}$	$\frac{0-3}{1,5}$	$\frac{7-10}{8,5}$	97
Бухара-Каракульский бассейн	1-5	$\frac{52-61}{57}$	$\frac{9-12}{11}$	$\frac{3-5}{4}$	$\frac{8-13}{11}$	$\frac{2-4}{3}$	$\frac{3-4}{3,5}$	$\frac{0-2}{1}$	$\frac{5-8}{6,5}$	97
Зарафшанский бассейн	6-22	$\frac{53-55}{54}$	$\frac{11-13}{12}$	$\frac{4-4,2}{4}$	$\frac{11-12}{11,5}$	$\frac{2-3}{2,5}$	$\frac{2-3}{2,5}$	$\frac{1-2}{1,5}$	$\frac{8-9}{8,5}$	96
Кашкадарьинской котловина	2-8	$\frac{48-54}{52}$	$\frac{10-12}{11}$	$\frac{4-5}{4,5}$	$\frac{10-12}{11}$	$\frac{2,6-3,4}{3}$	$\frac{3-5}{4}$	$\frac{0,4-3}{2}$	$\frac{7-9}{8}$	95
Сурхандарьинская котловина	2-8	$\frac{49-55}{52}$	$\frac{10-12}{11}$	$\frac{3,4-4}{4}$	$\frac{10-12}{11}$	$\frac{2-3}{2,5}$	$\frac{3-4}{3,5}$	$\frac{0,5-2}{1,5}$	$\frac{7-9}{8}$	95
Приташкентский бассейн	1-30	$\frac{49-53}{51}$	$\frac{10-12}{11}$	$\frac{4-5}{4,5}$	$\frac{11-13}{12}$	$\frac{2,6-3,4}{3}$	$\frac{3-3,5}{3,5}$	$\frac{0,1-2}{1}$	$\frac{7-11}{9}$	95
Ферганская котловина	1-9	$\frac{52-54}{53}$	$\frac{11-12}{11}$	$\frac{4,2-5,3}{5}$	$\frac{10-13}{11}$	$\frac{2,8-4,1}{3,5}$	$\frac{3-4}{3,5}$	$\frac{1,4-3}{2}$	$\frac{7-10}{8,5}$	98
Среднее содержание по Узбекистану	1-30	$\frac{51-57}{54}$	$\frac{11-12}{11,5}$	$\frac{4-5}{4,5}$	$\frac{11-12}{11,5}$	$\frac{2,5-4}{3}$	$\frac{2,5-4}{3,5}$	$\frac{0,5-2}{1}$	$\frac{6,5-9}{8}$	97

Примечание: в числителе предельные значения, в знаменателе — средние.

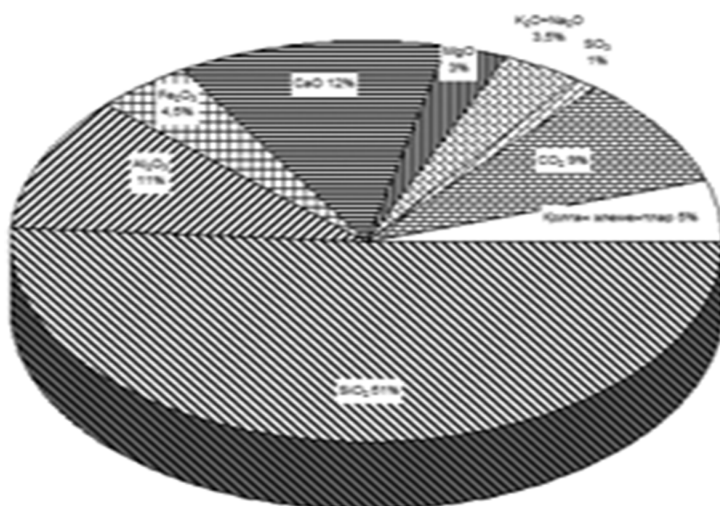


Рис. Валовой химический состав лессовидных горных пород на территории Узбекистана

Кроме вышеперечисленных окислов, в лессах и лессовидных породах Узбекистана содержатся окислы TiO_2 , FeO , MnO и др. в количестве 2—5%, в среднем 3%. Валовой химический состав лессовидных горных пород на территории Узбекистана приведен в табл. 2 и показан на рисунке в виде кольцевой диаграммы.

Минеральные соли, содержащиеся в горных породах вообще и в лессах и лессовидных супесчано-суглинистых осадочных породах в частности, являются одним из основных источников формирования минерализации подземных вод и соленакпления в приповерхностном слое земной коры.

В порах осадочного слоя земной коры содержится поровые воды около 23% от массы Мирового океана (А.А. Беус и др., 1976).

Подземные воды в горных породах циркулируют с момента образования этого слоя, обогащаются солями, коллоидальными веществами, газами и микроорганизмами. Количество и состав компонентов, содержащихся в воде, зависят от многих факторов, главными из которых являются распространенность отдельных компонентов в земной коре, растворимость их в подземных водах при температуре и давлении земных недр и т.п.

Особенно важную роль в процессах формирования химического состава воды играет растворимость пород. По растворимости в воде все химические соединения делятся на четыре типа: легкорастворимые, слаборастворимые, труднорастворимые и очень труднорастворимые (табл. 2).

Хорошо растворяются многие хемогенные осадочные породы, среди них хлоридные, сульфатные, карбонатные соединения щелочных и щелочно-земельных металлов. Растворимость некоторых простых солей в дистиллированной воде при температуре 18 °С приводится в табл. 3.

Таблица 2

Типы химических соединений по растворимости

Тип	Степень растворимости	Величина растворимости, г/л
1	Легкорастворимые	Более 2,0
2	Слаборастворимые	2—0,1
3	Труднорастворимые	0,1—0,001
4	Очень труднорастворимые	Менее 0,001

Таблица 3

Растворимость солей в воде при температуре 18 °С

Наименование солей	Растворимость в воде, г/л	Наименование солей	Растворимость в воде, г/л
$CaCl_2$	745	K_2SO_4	111
$MgCl_2$	545	$MgCO_3$	25,79
$MgSO_4$	354	$CaSO_4$	2,0
$NaCl$	329	$Ca(OH)_2$	1,48
KCl	330	SiO_2	0,16
Na_2CO_3	193,9	$CaCO_3$	0,0634
Na_2SO_4	194		

Из таблицы 3 видно, что на первом месте по величине растворимости стоят хлориды, далее сульфаты и карбонаты щелочей. Наиболее низкую растворимость имеют сульфаты и карбонаты кальция.

Распространенность отдельных элементов также играет большую роль в процессах формирования химического состава подземных вод. Известно, что наиболее распространенными являются O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, H, Ti, C, Mn, Cl, S и P, составляющие основную массу земной коры — почти 99% по весу.

Только широко распространенные элементы, образующие сравнительно легко растворимые соединения, могут присутствовать в заметных количествах в подземных водах. Поскольку хлориды, сульфаты и карбонаты щелочных и щелочно-земельных металлов относятся к числу наиболее растворимых соединений и распространены довольно широко, они являются главными компонентами химического состава подземных вод. Диссоциируя в воде, перечисленные соединения образуют главные ионы Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄, HCO₃ и CO₃ в подземных водах. Различные сочетания этих ионов определяют химические типы подземных вод.

Второстепенными компонентами являются ионы NO₂, NO₃NH₄, Br, J, Fe, Li, Sr и др., вещества, присутствующие в воде главным образом в коллоидальном состоянии, это Fe, Al, SiO₂ и органические соединения, газообразные вещества, среди них газы, химически с водой не связанные — N₂, CH₄, Ar, He и др., и газы (CO₂, H₂S) диссоциирующие в воде на ионы.

В особую группу выделяются рассеянные в земной коре элементы — Pt, Co, Ni, Cu, Zn, Sn, Mo и др., содержащиеся в воде в ничтожно малых количествах.

Суммарное содержание твердых растворенных химических веществ в подземных водах определяет так называемую общую минерализацию воды. Под общей минерализацией понимают сумму растворенных в воде соединений. Общую минерализацию выражают в виде сухого остатка, полученного при выпаривании воды, или же измеряют величиной удельного веса воды.

Вода является самым активным и подвижным элементом земной коры. Она транспортирует материалы физического и химического выветривания и выщелачивания.

В природе наиболее распространенными являются сульфаты (SO₄²⁻), хлориды (Cl⁻) гидрокарбонаты (HCO₃⁻) и анионы легко растворимых солей. Ион SO₄²⁻ привносится в воды главным образом в результате окисления сульфидов рассеянных магматических, метаморфических и осадочных горных пород, а также вулканическими газами, фумаролами, атмосферными осадками, разложением живых организмов и др. Ион хлора в воду поступает путем вымывания хлоридов из коренных пород, почв и коры выветривания, особенно в аридных, тропических и субтропических климатических условиях. Не меньшим источником поставки хлора являются атмосферные осадки, куда хлор поступает с испаряемой влагой с поверхности морей и океанов во время ветра и бурь с поверхности пухлых солончаков. В отдельных районах хлор проникает в гидросферу с глубинными минеральными водами и вулканическими продуктами. Гидрокарбонат-ион в воду поступает в результате взаимодействия воды с углекислым газом атмосферы, в

результате выноса углекислоты из карбонатных пород, реже — с подземными углекислыми водами и в результате вулканической деятельности.

При общем преобладании углекислых, сернокислых и хлористых соединений кальция, магния, натрия и калия химический состав подземных вод разнообразен. О химическом составе их принято судить не по солям, а по содержащимся в них ионам, среди которых наибольшее распространение имеют (Б.М. Гуменский, 1969):

катионы: H^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ,

анионы: OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , NO_2^- , NO_3^- ,

газы: CO_2 , CH_4 , O_2 , N_2 , H_2S , реже гелий, радон и др.,

недиссоциированные соединения: SiO_2 , FeO_3 , Al_2O_3 .

Рассмотренные выше процессы растворения, выщелачивания и другие геологические процессы и явления, взаимодействие геологической и водной среды являются главными факторами формирования минерализации и химического состава грунтовых вод. В свою очередь, химический состав грунтовых вод определяют их агрессивность к строительным конструкциям.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Ахмедов А.У.* С засоленного поля урожай не получишь // Правда Востока, за 16 марта. 2004. № 53.
- [2] *Шерматов М.Ш.* Закономерности формирования водорастворимых солей в лессовых породах Узбекистана // *Узбекистон геология журналы*. Ташкент: Фан, 1997. № 5. С. 64—67.

GROSS CHEMICAL COMPOSITION OF LOESS AND THE AREA OF ROCKS AND THEIR ROLE IN THE FORMATION OF GROUNDWATER MINERALIZATION

I.A. Agzamova, A.A. Adilov

The Department of hydrogeology and Geophysics
Mining and Geology faculty
Tashkent state technical University
University str., 2, Tashkent, Uzbekistan, 100095

Distribution of loess and loesslike breeds and main factors of forming of минерализации of subsoil and superficial waters of Uzbekistan are lighted up in the article. The processes of dissolution, lixiviating, are examined. Geological processes and phenomena, co-operation of geological and water environment of yavlyayuscheyasya by the main factors of forming of mineralizacii and chemical composition of waters.

Key words: salinity, leaching, dissolution, aggressiveness, underground water, anions, chemistry, highly soluble salts

REFERENCES

- [1] Akhmedov A.W. S zasolennogo polja urozhaj ne poluchish'. Pravda Vostoka, za 16 marta. 2004. № 53. [Saline field harvest will not receive. True East, 16 March. 2004. No. 53.]
- [2] Shermatov M.S. Zakonomernosti formirovaniya vodorastvorimyh solej v ljossovyyh porodah Uzbekistana. Ÿzbekiston geologiya zhurnali [Regularities of forming water-soluble salts in loess rocks of Uzbekistan. Geology of the Independence of journalists]. Toshkent: Fan, 1997. № 5. S. 64—67.

ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Г.Ч. Донбаева

Таласский государственный университет
ул. Ж. Мирзалиева, 35, г. Талас, Кыргызстан, 722720

В статье рассматриваются проблемы использования водных ресурсов в Центральной Азии, предложены некоторые пути их решения. Обоснована возможность применения интегрированного управления водными ресурсами.

Ключевые слова: водные ресурсы, устойчивость развития, управление водными ресурсами, Центральная Азия

В области обеспечения устойчивого развития водные ресурсы занимают главное место. Сокращение уровня нищеты, экономическое и устойчивое развитие невозможны без них и того круга услуг, который они предоставляют. Водные ресурсы вносят свой вклад в повышение уровня общего благосостояния человечества.

Согласно Всемирной программе ООН по оценке водных ресурсов [1], они являются основополагающими для трех составляющих устойчивого развития — социальной, экономической и экологической. Их рост зависит от ограниченности ресурсов речного стока, которые имеют свой предел и часто являются уязвимыми.

Вода является главным фактором, определяющим устойчивость экономики любого государства. Дефицит воды становится более осязаемым с каждым днем. Несмотря на то, что в силу своих природных особенностей и географического положения Центральная Азия является одним из крупнейших регионов — обладателей водных ресурсов, экспертами прогнозируется ее дефицит в течение последующих десятилетий, что связано с ростом потребления, а также последствиями глобального изменения климата.

Вместе с тем Центральная Азия — это конгломерат государств с высокими темпами роста населения, критическим уровнем бедности, остро нуждающихся в ресурсах развития. В основном водные ресурсы региона используются в сельском хозяйстве главным образом для орошения (80—90%). Площадь орошаемых земель в регионе составляет 7695 млн га. Однако из-за низкой эффективности большинства водохозяйственных систем существуют огромные безвозвратные потери воды. Все это задает рамки и высочайшую сложность водных отношений, а также управления водными ресурсами как в отдельных странах, так и в регионе в целом.

В рамках общего дефицита воды для стран Центральной Азии наиболее важными становятся вопросы трансграничных рек и использование водных ресурсов [2—4]. Их сопровождают такие направления, как доступ к воде и право на воду, баланс использования воды через внедрение интегрированного управления вод-

ными ресурсами, улучшение и поддержка качества водных ресурсов и экосистем, а также адаптация к климатическим изменениям и др.

Важность данных вопросов для Кыргызстана обусловлена серьезной ситуацией, сложившейся на территории водных бассейнов республики. Наиболее острыми проблемами страны признаны:

- нарастающий дефицит воды;
- загрязнение поверхностных и подземных вод;
- огромные сверхнормативные потери воды;
- обеспечение населения качественной питьевой водой;
- межгосударственное вододеление;
- угроза истощения водных ресурсов вследствие роста численности населения и развития экономики.

К основным причинам перечисленных проблем относятся:

- недостатки в административном управлении водным сектором республики, которое характеризуется разрозненностью;
- ослабление функций и потеря межсекторальных связей, что не позволяет решать вопросы сохранения водных источников, рационального использования и воспроизводства водных ресурсов [5].

В этих условиях одним из инструментов преодоления сложившейся проблемной ситуации является переход к интегрированному управлению водными ресурсами. «Глобальное водное партнерство» определяет его как «процесс, способствующий согласованному развитию и управлению водными, земельными и другими, связанными с ними ресурсами, с целью достижения максимального социально-экономического благополучия на справедливой основе без причинения ущерба устойчивости жизненно важных экосистем».

В устойчивом мире управление водными и связанными с ними ресурсами осуществляется в интересах благосостояния человека и целостности экосистем в условиях высокоэффективной экономики. ассмотрим примеры использования поливной воды в Каталонии и на Канарских островах (Испания), где климатические особенности схожи с климатическими условиями Кыргызстана, а степень использования и управления водными ресурсами поставлена на высокий уровень (рис. 1, 2, 3).



Рис. 1. Вододеление на р. Сегре (Каталония, Испания)
(фото Г. Донбаевой, 2009)



Рис. 2. Использование капельного полива на полях с оливковыми деревьями (Каталония, Испания) (фото Г. Донбаевой, 2009)

Реформирование сельского и водного хозяйства в Центрально-Азиатском регионе заложило основу для формирования рыночных факторов стимулирования справедливого и эффективного управления водораспределением. Созданные институциональные рыночные предпосылки являются условием необходимым, но недостаточным для заметного улучшения управления водораспределением.



Рис. 3. Капельный полив городских насаждений вдоль дорог (Лас Палмас де Гран Канария, Испания) (фото Г. Донбаевой, 2013—2014 гг.)

В настоящее время становится очевидным, что дефицит общественного участия в работе сельского и водного хозяйства — один из главных факторов, сдерживающих рост эффективности сельскохозяйственного производства и уровня управления водораспределением в регионе [5; 6].

Кыргызстан представляет часть замкнутого бессточного бассейна Центральной Азии. Водные ресурсы — жизненно важный, стратегический ресурс не только для Кыргызстана, но и для всей Центральной Азии. Имея огромные запасы воды, более 50 км^3 /год поверхностного речного стока, 13 км^3 /год запасов подземных вод, около 1745 км^3 в озерах и от 500 до 650 км^3 пресной воды в ледниках, республика использует на свои нужды только 12—17% поверхностного стока. Большая часть речной воды входит в бассейн Аральского моря и относится к системам крупнейших рек Средней Азии: Сырдарьи, Чу и Таласа. Речная сеть юго-восточной части республики принадлежит бассейну р. Тарим. На территории Кыргызстана горная область формирования речного стока занимает 87% общей площа-

ди, а область рассеивания стока — 13%. Основные водные артерии республики: Нарын, Чу, Талас, Джергалан, Тон, Кызылсуу (западная), Сарыжаз и др. Общий энергетический потенциал 252 крупных и средних рек республики оценивается в 18,5 млн кВт по мощности и 162,5 млрд кВт/ч по выработке электроэнергии [7].

Основное направление использования водных ресурсов в республике — это орошение и сельскохозяйственные нужды. Водопотребление подземных вод составляет сравнительно небольшую часть от общего водопотребления и используется в основном для водоснабжения населенных пунктов, для нужд производства и хозяйственно-питьевых целях. В стране уже есть положительные практики по использованию эффективных методов полива, например капельного (рис. 4).



Рис. 4. Иссык-кульская область, северное побережье. Капельный полив плодовых садов (фото Г. Донбаевой, 2015)

В этих условиях полноценное внедрение интегрированного управления водными ресурсами в практическую деятельность всех хозяйствующих субъектов и населения — жизненная необходимость для устойчивого развития Кыргызстана. В связи с этим ключевым моментом является подготовка квалифицированных кадров, отсутствие которых является основным препятствием в достижении поставленных стратегических целей и задач. Будущим специалистам необходимо овладеть знаниями, умениями и навыками принятия и реализации грамотных управленческих решений по преодолению сложившегося водно-экологического дисбаланса в системе «природа—общество—человек».

Понимание этого факта послужило основой для реализации в 2011 г. проекта по продвижению вопросов интегрированного управления водными ресурсами в систему высшего образования Кыргызской Республики при поддержке Центра ОБСЕ в Бишкеке. Данная задача также полностью отвечает обязательствам, принятым Кыргызстаном в рамках Декады ООН по образованию для устойчивого развития 2005—2015 гг.

Основной задачей проекта стала разработка университетского курса «Интегрированное управление водными ресурсами», который был подготовлен группой специалистов, включающей в себя ученых из различных вузов Кыргызстана, специалистов водного сектора, а также представителей общественных организаций.

Также в 2015 г. в г. Алматы (Казахстан) на базе Казахско-Немецкого университета обсуждались вопросы подготовки специалистов в области водных ресурсов в Центральной Азии, где приняли участие преподаватели вузов Казахстана, Кыргызстана и Таджикистана совместно с Комитетом по водным ресурсам МСХ Республики Казахстан и Организацией объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО).

Как видно, управление водными ресурсами входит в сферу ответственности многих различных лиц, ответственных за принятие решений в государственном и частном секторах. Вопрос заключается в том, как воплотить эту совместную ответственность в нечто конструктивное, чтобы можно было собрать различные стороны для участия в согласованной выработке конкретных решений. На данном этапе необходима подготовка и молодых специалистов, которые будут владеть менеджерскими навыками в области водопользования и охраны водных ресурсов, помогут в принятии непростых решений, связанных с решением вопросов развития водного сектора страны для устойчивого развития в будущем.

Поэтому необходимы эффективный и рациональный подход, ответственное отношение и совместные действия в рамках регионального сотрудничества в сфере управления водными ресурсами и их сбережения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вода для устойчивого мира. Доклад ООН о развитии водных ресурсов мира. Италия, 2015.
- [2] *Донбаева Г. Ч.* Устойчивое и интегрированное управление водных ресурсов // Вестник Кыргызского Национального университета им. Ж. Баласагына. 2012. Специальный выпуск. С. 245—247.
- [3] *Донбаева Г. Ч., Шамшиев О. Ш.* Трансграничные реки Кыргызстана, характеристика и пути решения проблем их использования в контексте мировой практики // Вестник Мичуринского филиала Российского университета кооперации. 2013. № 4. С. 171—177.
- [4] *Donbaeva G.Ch.* Ríos transfronterizos de Kirguizia, características y vías de solución de problemas de su uso en el contexto de la práctica internacional. España, 2014, Boletín Millares Carlo, Número 30. PP. 162—172.
- [5] *Байбагышев Э. М., Бекбоева Р. С., Донбаева Г. Ч.* и др. Интегрированное управление водными ресурсами: учеб. пособие. Бишкек, 2015.
- [6] *Donbaeva G.Ch.* Water Resources of Kyrgyzstan as a factor of sustainable development // Romania, International Geographical seminar “Dimitrie Cantemir”. Iasi, 2015.
- [7] Климат и окружающая среда / под общ. ред. Е. М. Родиной. Бишкек, 2003.

PROBLEMS OF WATER RESOURCES IN CENTRAL ASIA

G.Ch. Donbaeva

Talas State University
Mirzaliev str., 35, Talas, Kyrgyzstan, 722720

In this article are considered proposed problems of water resources management in Central Asia and proposed, some ways their solutions. Proved possibility of application of the integrated water resources management.

Key words: water resources, sustainability, water resources management, Central Asia

REFERENCES

- [1] Voda dlja ustojchivogo mira. Doklad OON o razvitii vodnyh resursov mira [Water for a sustainable world. The United Nations report on world water development]. Italija, 2015.
- [2] Donbaeva G.Ch. Ustojchivoe i integrirovannoe upravlenie vodnyh resursov. Vestnik Kyrgyzskogo Nacional'nogo universiteta im. Zh. Balasagyna [Sustainable and integrated management of water resources. Vestnik of the Kyrgyz National University. Well. Balasagun]. 2012. Special'nyj vypusk. S. 245—247.
- [3] Donbaeva G.Ch., Shamshiev O.Sh. Transgranichnye reki Kyrgyzstana, harakteristika i puti reshenija problem ih ispol'zovanija v kontekste mirovoj praktiki. Vestnik Michurinskogo filiala Rossijskogo universiteta kooperacii [Transboundary rivers of Kyrgyzstan, characteristics and solutions to the problems of their use in the context of international practice. The Bulletin of Michurinsky branch of the Russian University of cooperation]. 2013. № 4. S. 171—177.
- [4] Donbaeva G.Ch. Cross-border Rivers, Kyrgyzstan, characteristics and ways of solution of problems of their use in the context of international practice. Spain, 2014, Bulletin Millares Carlo, Number 30. PP. 162—172.
- [5] Baibagyshov E.M., Bekboeva R.S., Donbaeva G.Ch. Integrirovannoe upravlenie vodnymi resursami: Uch. posobie [Integrated water resources management: Uch. allowance]. Bishkek, 2015.
- [6] Donbaeva G.Ch. Water Resources of Kyrgyzstan as a factor of sustainable development // Romania, International Geographical seminar “Dimitrie Cantemir”, Iasi, 2015. [Water Resources of Kyrgyzstan as a factor of sustainable development // Romania, International Geographical seminar “Dimitrie Cantemir”, Iasi, 2015.]
- [7] Klimat i okruzhajushhaja sreda / pod obsh. red. E.M. Rodinoj [The climate and the environment / ed. by E.M. Homeland]. Bishkek, 2003.

ЛИКВИДАЦИЯ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ «РЕЛИКТОВ» В СОВРЕМЕННОМ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ

А.Е. Воробьев, С. Тралбесси, Р. Ибрагимов, А.В. Власова

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

В статье освещены проблемы современной нефтяной промышленности, связанные с недостаточным уровнем развития техники и технологии, которые, по мнению авторов, не позволяют в полной мере приступить к освоению недр.

К технико-технологическим «реликтам» относятся: буровой инструмент, используемый при проходке скважин; промышленные потери, возникающие при освоении нефтяных месторождений; нефтяные амбары.

Особое внимание уделено буровому инструменту, применяемому в современной нефтяной промышленности. Также в статье говорится о разрабатываемом и существующем оборудовании. Приводится схема гидроструйного монитора и схема технологических возможностей гидроструйных технологий.

Новое оборудование позволяет разрушать горные породы с наибольшей эффективностью, тем самым облегчая процесс бурения. При этом разрушение породы идет как снаружи (гидравлический удар), так и изнутри (акустически-волновое разрушение). В совокупности эти процессы увеличивают эффективность бурения.

Ключевые слова: технико-технологические «реликты», бурение, буровой инструмент, гидроструйный монитор, гидроструйные технологии

Во всех отраслях промышленного производства некоторое время неизбежно сохраняются «реликты» раннего производства (не соответствующие действующему технологическому укладу) [3].

С развитием научно-технического (технологического) прогресса эти «реликты» постепенно заменяются новыми, соответствующими действующему в этот период технологическому укладу технологиями. В кризисный период более эффективно осуществлять их целенаправленный поиск «реликтов», анализ причин сохранения и скорейшую замену новыми технологиями, работающими на иных принципах.

Проведенные нами технико-экономический анализ и прогнозные оценки тенденций развития нефтедобывающей отрасли (ее технологии и техники) позволили выявить следующие реликты, которые стали определенным тормозом для ее дальнейшего развития и от которых надо (и можно) полностью отказаться:

- существующий уровень автоматизации процессов;
- буровой инструмент, используемый при проходке скважин;
- промышленные потери, возникающие при освоении нефтяных месторождений;
- нефтяные амбары.

Перечисленные «реликты» могут быть с успехом заменены новыми техническими решениями, с существенно (в разы) более высокой эффективностью [1; 2].

Например, отказ от традиционных буровых шарошек, основанных на эффектах резания и скола каменных материалов, и замена их технологиями лазерного, плазменного или гидроструйного бурения скважин позволяет снизить расход энергии в несколько раз и существенно (в десятки раз) повысить стойкость и наработку на отказ рабочего инструмента.

Физико-технологическую основу бурения нефтяных скважин гидроструйными технологиями представляет образование высокоэнергетической компактной жидкостной или абразивной жидкостной ультраструи, которая играет роль основополагающего рабочего инструмента, высокая разрушающая способность которого объясняется его составом, а также его удельной кинетической энергией.

В 1980-е годы для формирования скважин в различных грунтах применялись гидроструи относительно высокого (30—50 МПа) давления, что обеспечивалось серийно выпускаемыми насосами типа УН 100/320 [6]. В этих системах рабочий монитор (рис. 1) вращался со скоростью 60 об/мин. Вынос образуемых при разрушении горного массива частиц осуществлялся за счет эрлифтного эффекта или специальной откачки пульпы с помощью шламовых насосов.

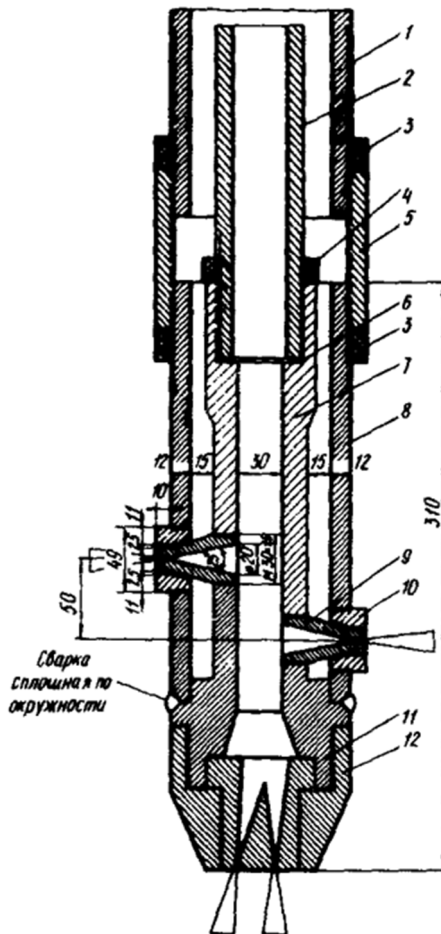


Рис. 1. Гидроструйный монитор [6]

Энергетическая основа современных ультраскоростных гидроструйных технологий — процесс превращения работы, совершаемой главными исполнительными органами технологического оборудования (мультипликатор и плунжер), в кинетическую энергию струи жидкости малого (желательно уровня нано-) диаметра. Для осуществления этого процесса нужно сжать рабочую жидкость (например, воду) до сверхвысоких давлений ($P \sim 400$ МПа) в Сибирском отделении РАН была создана гидравлическая пушка-водомер, выбрасывающая струю воды давлением около 400 МПа [4]. После выброса воды происходит ее продавливание через специально спроектированное гидросопло, имеющее малый диаметр ($d_c < 0,1$ мм). На выходе из гидросопла эта струя воды, выбрасываемая со сверхзвуковой скоростью ($V \sim 800\text{—}900$ м/с), обладает громадной удельной кинетической энергией ($E_k > 250$ кДж/кг).

Кинетическая энергия ультраскоростной струи жидкости в зоне воздействия на забой скважины превращается в механическую энергию, в частности, в работу разрушения горных пород.

В последние годы появились работы [7], в которых (помимо рассмотрения традиционных механизмов работы ультраскоростных гидроструйных технологий) уже формируется научно-методическая база новых, достаточно специфических эффектов, пригодных для последующей практической реализации (рис. 2).

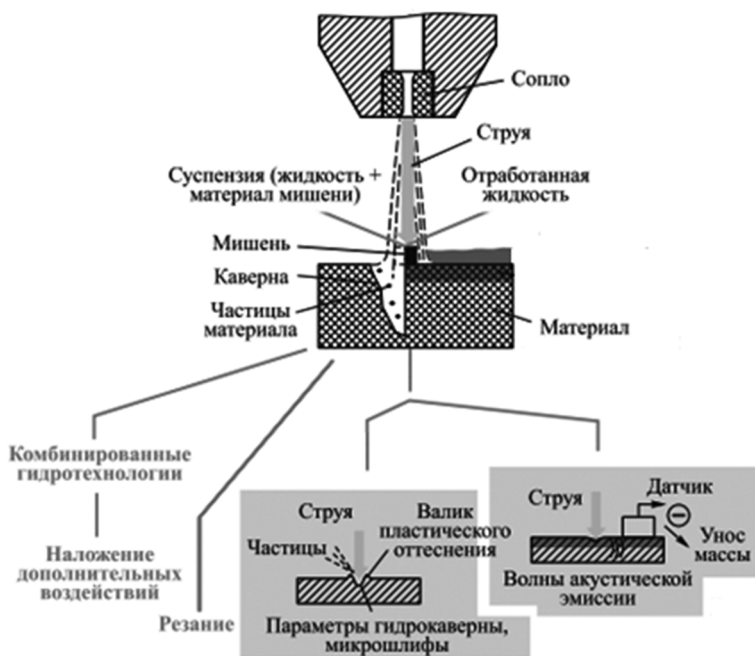


Рис. 2. Технологические возможности гидроструйных технологий [7]

Все эти традиционные и новые гидротехнологии объединяет их обобщающий аспект — интенсивная эрозия поверхности горных пород под воздействием высокоскоростной струи жидкости, причем в процессе такой эрозии участвует несколько важных факторов, среди которых следует назвать накопление целого комплекса повреждений в обрабатываемых горных породах, возникающих

вследствие их механической деформации в поверхностном слое, путем распространения волн напряжения, поперечного растекания ультраскоростной струи жидкости и ее дальнейшего проникновения внутрь горных пород [7].

Кроме очевидных результатов гидравлического удара ультраскоростной струи, на процесс эрозии несомненно влияют возникающие и перемещающиеся по массиву горных пород волны резких напряжений, последовательно отделяющиеся от места контакта продольные (дилатационные), поперечные (искажений или деформации сдвига) и поверхностные волны Рэлея [7].

Помимо мощного широкополосного акустически-волнового возмущения зоны взаимодействия ультраскоростной гидроструи с поверхностью горных пород в ней также имеют место интенсивная механоэмиссия электронов и другие явления электромагнитной природы [7]. Кроме того, после воздействия ультраскоростной струи жидкости достигается такое деформированное состояние, при котором на отдельных участках поверхности горных пород значительно возрастает концентрация дислокаций, внутренние напряжения которых превышают сопротивление излому и возникает зародыш трещины.

Углубления и кольцевые трещины образуются в результате резких деформаций поверхности горных пород под действием радиально расширяющегося пятна контакта гидроструи [7]. Повреждения такого рода вызываются значительными растягивающими изгибающими напряжениями, что получило название «механизм Инджел — Файелла». Непосредственно процесс эрозии происходит вследствие развития этих трещин, а интенсификация разрушения горных пород связана с отмеченной выше волновой спецификой.

Все перечисленные явления в наибольшей степени оказывают заметный вклад в процесс разрушения горных пород ультраскоростной струей жидкости (рис. 3). В случае гидроабразивной обработки механизм разрушения горных пород еще более усложняется процессом взаимодействия абразива с обрабатываемой поверхностью [7].

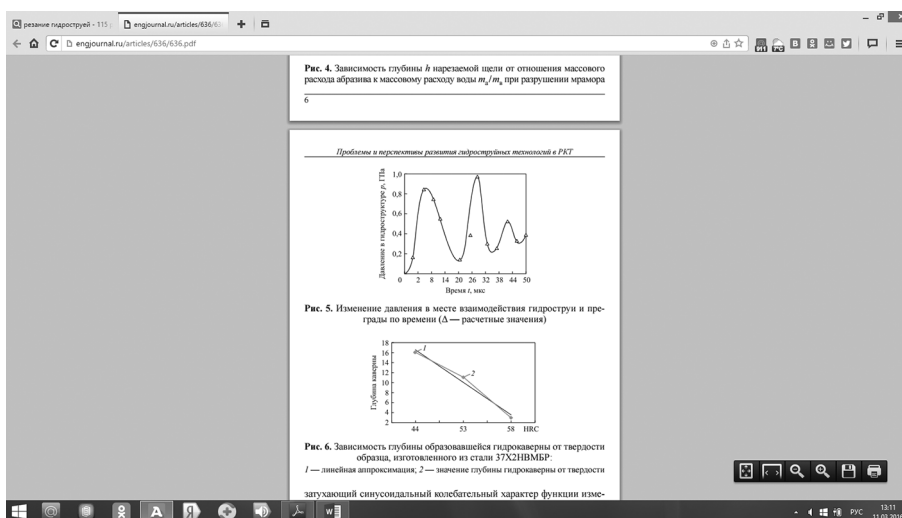


Рис. 3. Изменение давления в месте взаимодействия ультраскоростной гидроструи и поверхности горных пород во времени [7]

Для проходки скважин, кроме непрерывной ультразвуковой гидроструи, целесообразно применять также и прерывистую, импульсную ультразвуковую струю, выбрасываемую из сопла отдельными порциями [4].

Безусловно, все это приводит к изменению структуры поверхности горных пород, в частности, к локальному пластическому течению, оттеснению поверхностных слоев на периферию области удара ультразвуковой гидроструи, формированию микро- и нанотрещин, а также к их последующему развитию в течение всего времени воздействия на горные породы [7]. В результате под действием одного или нескольких из этих факторов (механизмов) возникает повреждение и разрушение определенного участка горных пород.

При этом наиболее производительными показали себя многосопловые насадки, которыми в горных породах (мраморе и граните) выбуривались круглые углубления [4]: ширина реза была до 5 мм, а глубина до 50 мм.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Воробьев А.Е., Гладуш А.Д.* Импортзамещающие нанотехнологии в топливно-энергетическом комплексе России. М.: РУДН, 2014. 158 с.
- [2] *Воробьев А.Е., Джимиева Р.Б.* Смена поколений технологий в нефтедобыче // Материалы VII Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», Москва-Ереван, 2008. М.: РУДН, 2008. С. 92–93.
- [3] *Воробьев А.Е., Шамшиев О.Ш., Маралбаев А.О., Каукенова А.С.* Пути научно-инновационного развития в XXI веке. Бишкек: Текник, 2014. 329 с.
- [4] Гидроструйное бурение. URL: <http://burovoereslo.ru/?id=13&view=page1s2> [Gidrostrujnoe burenie. URL: <http://burovoereslo.ru/?id=13&view=page1s2>]
- [5] *Литвинский Г.Г.* Концепция шахты XXI века: проблемы и их решение // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2006. № 10.
- [6] Рекомендации по устройству свайных фундаментов в вечномёрзлых грунтах с применением гидроструйной технологии. М.: ВНИИС, 1986.
- [7] *Тарасов В.А., Галиновский А.Л.* Проблемы и перспективы развития гидроструйных технологий в ракетно-космической технике // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. Вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/rocket/636.html>

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL “RELICT” IN THE MODERN USE OF MINERAL RESOURCES

A.E. Vorobiev, S. Tralbessi, R. Ibragimov, A.V. Vlasova

Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

The article technical and technological “relicts” in the contemporary resource use problems of the modern oil industry, connected with insufficient level of development of techniques and technologies that, in the opinion of the authors does not allow to fully start the development of mineral resources.

As examples of “relicts” provided drilling tools used in borehole drilling; industrial losses that occur during the development of oil fields; oil pits.

Special attention is paid to the drilling instrument used in modern petroleum industry. The article also refers to developing and existing equipment. There are works of Tarasov as fundamental for the further development of techniques and technologies used in drilling.

The scheme of high-pressure water monitor and the scheme of technological capabilities of water-jet technology.

The new equipment allows to destroy the rocks with the greatest efficiency, thereby facilitating the drilling process. While the destruction of the breed is on the outside (hydraulic impact) and from inside (acoustically-wave destruction). Together, these processes increase the efficiency of drilling.

Key words: technical and technological “relics”, drilling, drilling tools, water-jet monitor, water-jet technology

REFERENCES

- [1] Vorobyev A.E., Gladush A.D. Importozameshajushhie nanotehnologii v toplivno-jenergeticheskom komplekse Rossii [Import-substituting nanotechnologies in fuel-energy complex of Russia]. M.: RUDN, 2014. 158 s.
- [2] Vorobyev A.E., Genieva R.B. Smena pokolenij tehnologij v neftedobyche. Materialy VII Mezhdunarodnoj konferencii «Resursovosproizvodjashhie, maloohodnye i prirodohrannye tehnologii osvoenija nedr», Moskva-Erevan, 2008 [Change of generations of technologies in oil production. Proceedings of the VII International conference “resource-reproducing, low-waste and environmental technology development of mineral resources”, Moscow-Yerevan, 2008]. M.: RUDN, 2008. S. 92—93.
- [3] Vorobyev A.E., Shamshiev O.Sh., Karavaev A., Kaukenov A.S. Puti nauchno-innovacionnogo razvitija v XXI veke [The Ways of innovative development in the XXI century]. Bishkek: Teknik, 2014. 329 s.
- [4] Water-jet drilling. URL: <http://burovoeremeslo.ru/?id=13&view=page1s2>
- [5] Litvinsky G.G. Konceptija shahty XXI veka: problemy i ih reshenie. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal) [The Concept of the mine of the twenty-first century: problems and their solution. The Mining information and analytical Bulletin (scientific and technical journal)]. 2006. № 10.
- [6] Rekomendacii po ustrojstvu svajnyh fundamentov v vechnomerzlyh gruntah s primeneniem gidrostrujnoj tehnologii [Recommendations for arrangement of pile foundations in permafrost soils with the use of water-jet technology]. M.: VNIIS, 1986.
- [7] Tarasov V.A., Galinovskiy A.L. Problemy i perspektivy razvitija gidrostrujnyh tehnologij v raketno-kosmicheskoy tehnike. Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii [Problems and prospects of development of water-jet technology in rocket and space technology. Engineering journal: science and innovations]. 2013. Vyp. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/rocket/636.html>

РОЛЬ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЮЖНО-ПИЛЬТУНСКОГО УЧАСТКА ПИЛЬТУН-АСТОХСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ШЕЛЬФЕ О-ВА САХАЛИН

Н.В. Павлинова, А.Ю. Шахова

*Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 11541*

В статье приводятся общие сведения о геологическом строении Южно-Пильтунского участка Пильтун-Астохского нефтегазоконденсатного месторождения, а также рассматривается вопрос о роли грязевого вулканизма и научно-практической значимости изучения этого природного явления с целью уточнения факторов формирования нефтегазовых залежей и проектирования дальнейшей разработки Южно-Пильтунского участка. Актуальность исследований взаимосвязи грязевого вулканизма с геодинамикой месторождений углеводородного сырья связана с внедрением и разработкой новых научных направлений в геологию и геохимию нефти и газа, а также методов поисков и разведки нефтегазовых месторождений с учетом предыдущих достижений в комплексе наук о Земле. В настоящее время не вызывает сомнений то, что элизионные системы (особенно грязевой вулканизм) связаны с нефтегазоносностью (особенно с миграцией флюидов УВ) и распространены в областях, где тектоническая активность выражается в складкообразовании. Помимо выяснения особенностей геологического строения Южно-Пильтунского участка Пильтун-Астохского месторождения, целью данной статьи также является поиск взаимосвязей деятельности грязевых вулканов и залежей УВ нутовского подгоризонта, выявление приуроченности вулканизма к геодинамическим обстановкам нефтегазового месторождения, определение особенностей тектонического строения территории.

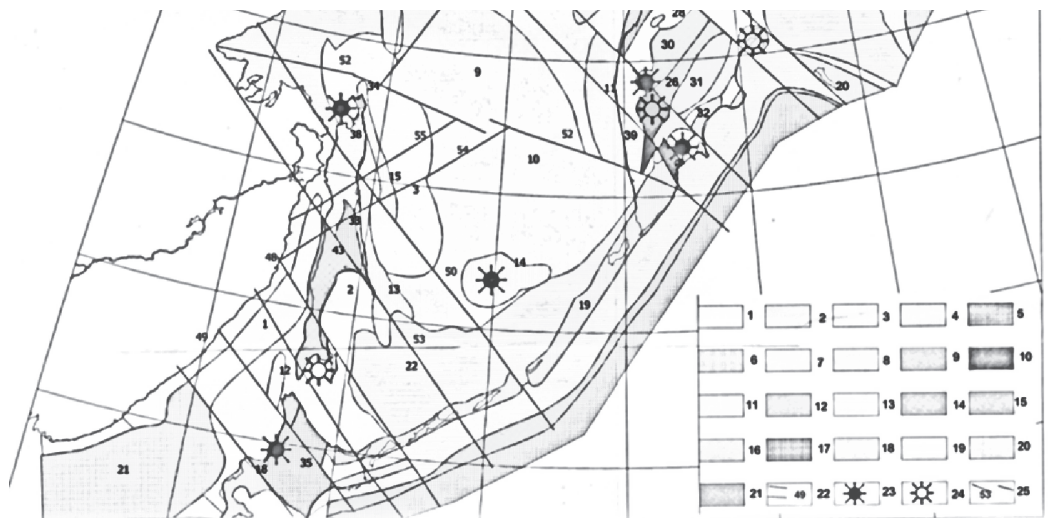
На основе полученных данных прошлых лет формируются задачи ближайших перспективных исследований, а проведенная систематизация и комплексирование позволяют говорить о том, что характер распределения различных форм тектонических нарушений, а также некоторые другие факторы, являются причиной непосредственной связи грязевого вулканизма с геодинамикой нефтяных и газовых месторождений.

Ключевые слова: шельф Сахалина, грязевой вулканизм, нефтегазовое месторождение, сейсмическое профилирование, залежь углеводородов

Пильтун-Астохское месторождение, расположенное на северо-восточном шельфе Сахалина, относится к Охотской нефтегазоносной провинции (НГП), к Северо-Восточно-Сахалинскому осадочному бассейну.

В тектоническом аспекте территория данного бассейна граничит с Северо-Охотским, Центрально-Охотским, Южно-Охотским, Западно-Сахалинским и Южно-Сахалинским бассейнами по системе региональных разломов и вулканогенно-осадочным островодужным образованиям (рис. 1). Отложения фундамента выделяются по сейсмическим данным по наличию фрагментарных сейсмических отражений и в свою очередь представлены триас-нижнемеловыми вулкано-

генно-терригенными толщами так называемого «аккреционного клина», образовавшегося в результате столкновения раннемезозойских островных дуг с континентом.



1-5 – морфоструктуры морского дна: 1 – прогибы (1 – Южно-Татарский, 2 – зал. Терпения, 3 – Дерюгина, 4 – Северный, 5 – Литке, 6 – Хатырский); 2 – зоны хребтов и бассейнов (7 – Шантарская, 8 – Гужигинская); 3 – поднятия (9 – Охотский свод, 10 – Охотская складчато-надвиговая система, 11 – Прикамчатское); 4 – хребты и валы (12 – Монеронский, 13 – Терпения, 14 – Академии наук, 15 – Шнитловский, 16 – Кашеварова, 17 – Ширшова); 5 – дно океана; 6-16 – системы островных дуг: 6-9 – активные геодинамические системы: 6 – вулканические дуги (18 – Северо-Восточной Японии, 19 – Курило-Оюлокамчатская, 20 – Алеутская); 7 – междууговые и предуговые прогибы; 8 – глубоководные котловины: а – активные (22 – Курильская, 23 – Командорская), б – утратившие активность (21 – Центрально-Японская, 24 – Алеутская); 9 – глубоководные желоба; 10-16 – палеостроводуговые системы: 10 – фундамент (25 – Камчатский массив); 11 – структуры, переходные от океанических к островодугам; 12 – палеовулканические дуги (26 – Анавайская, 27 – Эрзулянская); 13 – прогибы (28 – Титинский); 14 – рифты с угасшим андезит-базальтовым вулканизмом (29 – Алукий); 15 – рифты с угасшим щелочным риолит-базальтовым вулканизмом (30 – Уксичанский); 16 – рифты с активным вулканизмом (31 – Ключевской, 32 – Семьячинский); 17-20 – складчато-надвиговые системы (на суше); 17 – океанические (33 – Восточно-Сахалинская, 34 – Шмидтовская, 35 – Токоро, 36 – Коржская); 18 – эпокеанские (37 – Велюреченская); 19 – рифтогенные прогибы (38 – Северо-Сахалинский, 39 – Бояперский, 40 – Анаварский); 21 – трансформные геоструктуры (44 – Чукотская, 45 – Валижен-Ширшовская, 46 – Палан-Командорская, 47 – Ичиско-Авачинская, 48 – Синегорская, 49 – Исикар-Бикинская); 23 – вулканотектонические структуры (ВТС); 24 – структуры центрального типа (СПТ); 25 – региональные разломы и структурные швы (50 – Симушир-Пильгунский, 51 – Лисенский, 52 – Осевой, 53 – Невский, 54 – Усть-Набилский, 55 – Ногинский).

Рис. 1. Выкопировка из схемы тектонического районирования Охотско-Беринговоморского мегаблока. Сост. В.К. Ротман [1]

На севере острова главные структуры граничат с Северо-Сахалинским прогибом. Как видно из рис. 1, южной границей прогиба является Усть-Набилский шов, протянувшийся от м. Мосия на западном побережье Сахалина в СВ направлении до устья р. Набиль. Другой крупный шов — Пильгунский, имеющий ЮВ-СЗ направление, который делит прогиб на северную и южную часть. В ЮВ направлении Пильгунский шов прослеживается в акваторию Охотского моря и, следовательно, в региональном плане является крупнейшим тектоническим разделом в западной части Охотского моря, разделяющим структуры Монголо-Охотского пояса, Сихотэ-Алинской складчатой области, Сихотэ-Алинского вулканического пояса и Восточно-Сахалинской складчатой системы от структур Охотского моря. Таким образом, формирование прогиба происходило при блоковом погружении по двум перпендикулярным системам разломов [1].

Осадочная толща бассейна, преимущественно терригенного состава, разделена на несколько структурно-стратиграфических комплексов, которые отличаются по своему литологическому составу и степени дислоцированности пород. Предполагается, что основным источником осадков был их вынос из Праамура. Для нас представляет интерес нижненутовский подгоризонт средне-верхнемиоценового комплекса, к которому приурочены основные продуктивные пласты Пиль-

тун-Астохского месторождения. Подгоризонт представлен чисто морскими отложениями мощностью до 2800 м. Различаются отложения верхней, средней, нижней сублиторали и верхней батиаля. Для разрезов Пильтун-Астохского месторождения характерно чередование песчаников, алевролитов и глин, причем, большая роль принадлежит алевроито-глинистым породам. Песчано-глинистые пласты и линзовидные образования, с границами которых связаны залежи углеводородов, сформировались в авандельтовых условиях [2]. Породы-коллекторы представлены песчаниками и алевролитами, залегающими в виде антиклинальной складки ССЗ-ЮЮВ. Месторождение приурочено к ловушкам, объединяющим три куполовидных поднятия [3] простирающиеся вдоль внутреннего глубинного поднятия. Глубинные поднятия сыграли важную роль в эволюции месторождения, контролируя пространство в период растяжения во время отложения осадков на протяжении эпохи олигоцена вплоть до плиоцена. Возобновление активности нарушений в фундаменте оказывало воздействие на их положение в период фаз сжатия. Глубинные поднятия, скорее всего, ограничены глубинными разломами, которые, возможно, образовались как надвиги и впоследствии претерпели сложные процессы сжатия и инверсии в кайнозое.

К наиболее интересным особенностям геологического строения Южно-Пильтунского участка, выявленным при интерпретации данных сейсморазведки в 2006—2009 г., относятся палеоврезы/палеоканьоны, заполненные глинами (рис. 2). К настоящему времени среди геологов компании «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.» доминирует представление о том, что данные палеоканьоны можно интерпретировать как некий непроницаемый барьер, разделяющий залежи УВ. Важность их выделения обусловлена проблемой размещения залежей нефти и газа на разных уровнях по вертикали, т.е. при отсутствии видимых структурно-тектонических экранов в соседних скважинах, по данным испытаний отмечается различное положение водо-нефтяных контактов. На рисунке 2 видно, что палеоврез делит Южно-Пильтунский участок на две части, названные блоки 2С и Южно-Пильтунский. По результатам проведенной сейсморазведки в скважинах № 12 и № 2 водонефтяной контакт блока 2С находится на отметке — 2010 м, в то время как водонефтяной контакт Южно-Пильтунского блока находится на отметке — 2008 м. Таким образом, по мнению некоторых специалистов, различное положение водонефтяных контактов в соседних скважинах, пробуренных в разных блоках месторождения, объясняется наличием непроницаемых для углеводородных флюидов палеоканьонов.

Авторами этой статьи предлагается иной вариант трактовки данной проблемы. Речь пойдет о деятельности грязевого вулканизма. В настоящее время на Сахалине известны четыре крупных грязевых вулкана, три из которых расположены в южной части острова (Пугачевский, Южно-Сахалинский и Лесновский), а четвертый — Дагинский — на побережье Дагинского залива достаточно близко от Пильтун-Астохской структуры (рис. 3). Изучение молодого экструзивного подводного магматизма — новое направление в геологии, которое становится все более популярным среди нефтяников. Считается, что грязевые вулканы связаны с зонами разуплотнения в земной коре, приурочены к сдвиговым деформациям

и являются индикаторами флюидодинамической активности земных недр [2]. Дагинские грязевые источники, рассеянные по берегу и дну лагуны, представляют собой небольшие (диаметром до 5 м) кратеры, интенсивного пузырькового выделения метана. Глинистый материал из дагинского грязевого вулкана представлен пелит-алевритовым осадком темно-серого цвета, содержащего гидрослюда, хлориты, смектиты, кварц, кальцит и плагиоклаз [6].

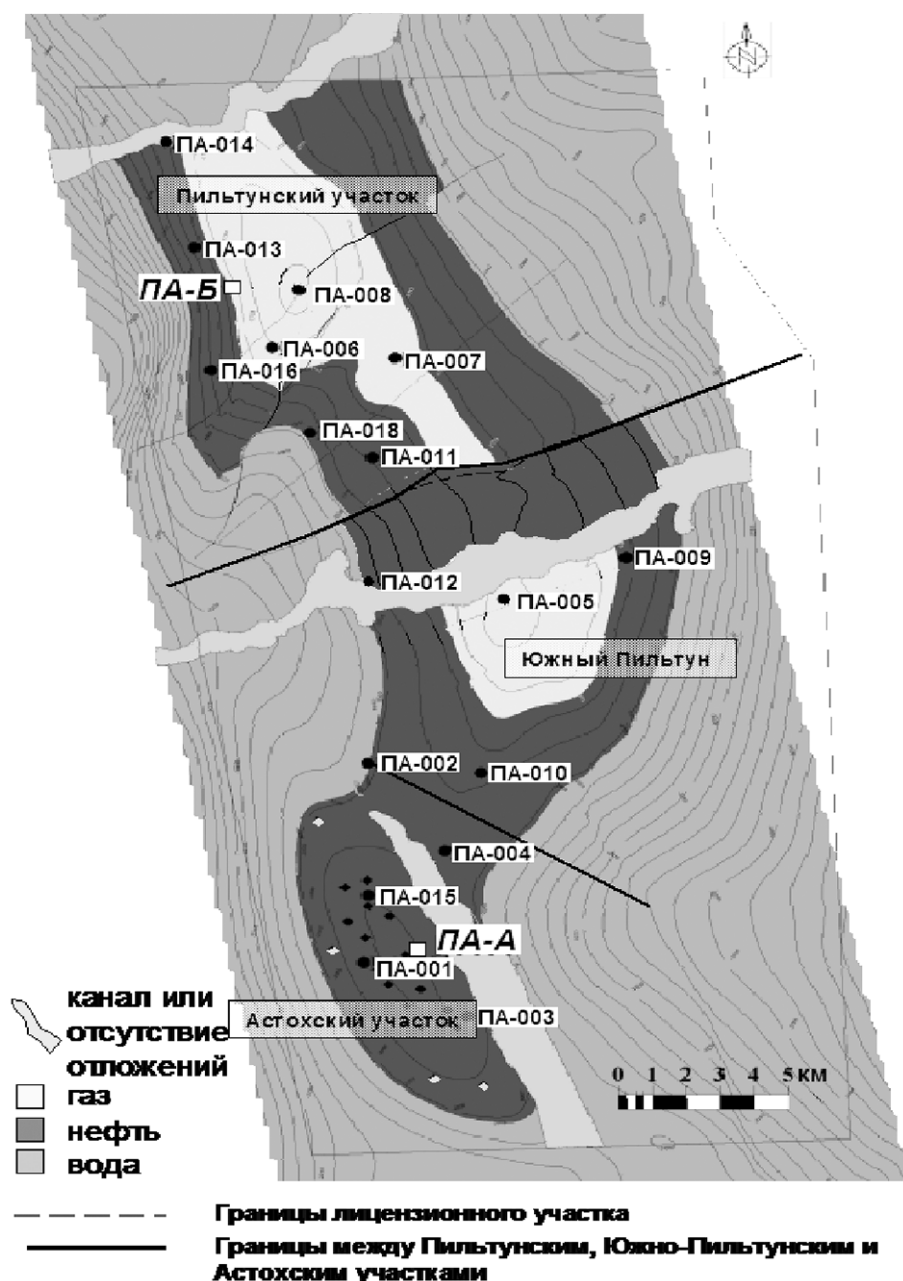


Рис. 2. Структурная карта по кровле пласта XXI-S [4]

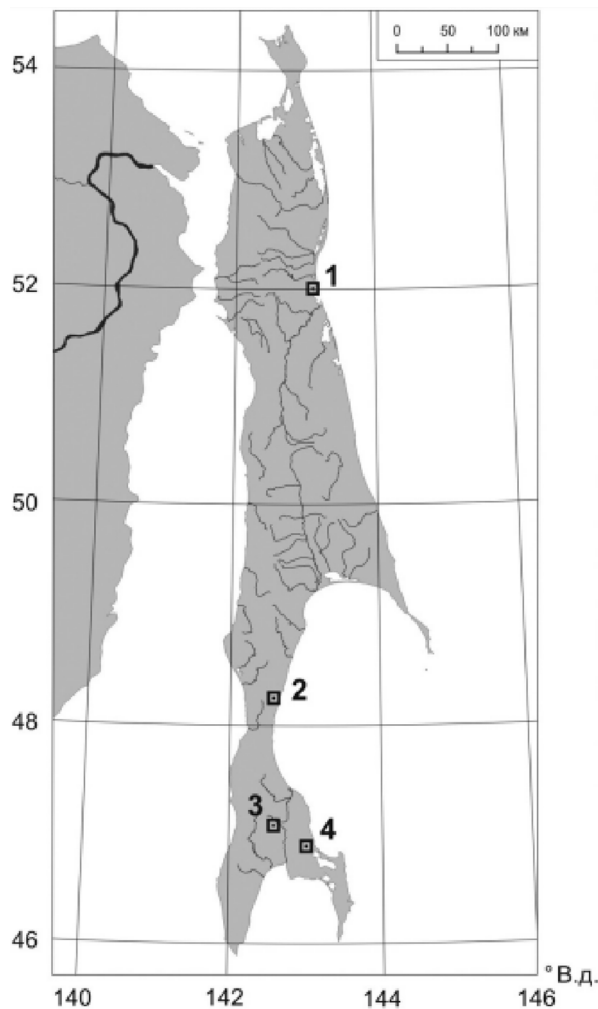


Рис. 3. Расположение участков проявления наземного грязевого вулканизма о-ва Сахалин:
1 — Дагинский грязевулканический участок; 2 — группа Пугачевских грязевых вулканов и влк. Восточный;
3 — Южно-Сахалинский грязевой вулкан;
4 — Лесновский грязевой вулкан [5]

По мнению многих исследователей, проявление грязевого вулканизма можно рассматривать как один из важнейших признаков наличия в регионе нефтегазопроявлений (рис. 4). По данным А.А. Якубова [7], к факторам, обуславливающим грязевулканические проявления, можно отнести следующие:

- наличие в разрезе мощных толщ глинистых пород, выполняющих функцию флюидоупоров и служащих исходным материалом для образования сопочной брекчии;
- присутствие пластовых вод, размягчающих глинистые породы;
- наличие мощных источников углеводородных газов;
- наличие тектонических разрывов, создающих пути для выбросов сопочно-го материала с больших глубин на дневную поверхность.

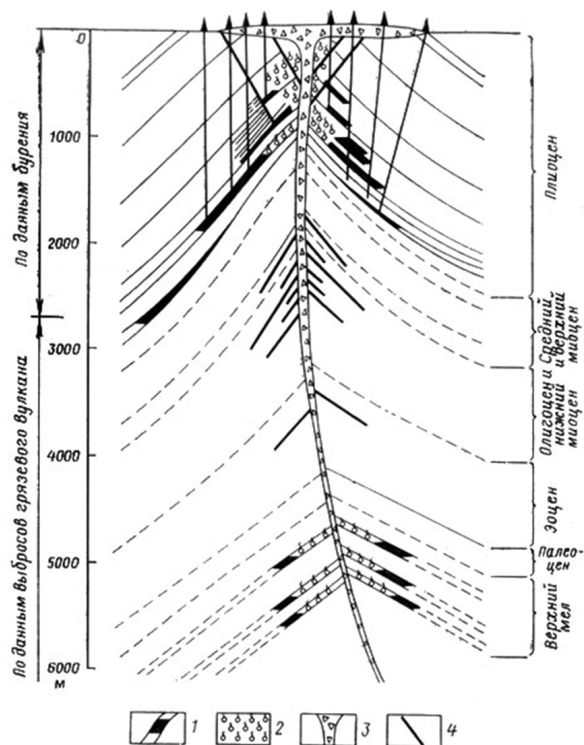


Рис. 4. Геологический профиль через грязевой вулкан Локбатан. По А.А. Якубову:
1 — нефть, 2 — газ, 3 — брекчия, 4 — разломы [7]

На Дальнем Востоке России лишь остров Сахалин удовлетворяет главным требованиям, необходимым для проявления грязевого вулканизма: наличие мощных осадочных толщ с нефтяными и газовыми залежами (преимущественно залегающие в сводовой части антиклинальной складки), высокая современная сейсмотектоническая активность. Кроме того, грязевые вулканы обычно приурочены к глубоким разрывным нарушениям в осадочном чехле, особенно к местам пересечений разрывов разного простирания (Ногликский и Пильгунский разломы).

Строение питающих каналов грязевых вулканов известно в основном по материалам сейсмических исследований и в меньшей степени бурения, но авторы обращают внимание на то, что Южно-Пильгунский участок пока не разрабатывается, а потому еще не отработаны сейсмические профили, учитывающие местоположение вулканов. Более ранние сейсморазведочные профили могли проходить не через вулканы, а рядом с ними, в сотнях метров и даже километрах, в связи с чем их интерпретация осталась незатронутой. При целенаправленном изучении картина может быть уточнена и существенно скорректирована путем применения, например, метода микросейсмического зондирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ротман В.К. Геология и полезные ископаемые России. Дальневосточные моря. Т. 5. Книга 2; Л.: ВСЕГЕИ, 2005.
- [2] Харахинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. М.: Научный мир, 2010.

- [3] *Гладенков Ю.Б.* Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: ГЕОС, 2002.
- [4] URL: <http://mybiblioteka.su/5-55440.html>
- [5] *Мельников О.А.* Грязевой (газоводолитокластитовый) вулканизм острова Сахалин: история, результаты и перспективы исследований // Вестник ДВО РАН. 2010. № 6.
- [6] *Сорочинская А.В.* Геохимические и минералогические особенности грязевых вулканов о-ва Сахалин // Вестник ДВО РАН. 2008. № 4. С. 140.
- [7] *Якубов А.А.* Грязевой вулканизм Советского Союза и его связь с нефтегазоносностью. Баку: Элм, 1980.

ROLE OF MUD VOLCANISM IN THE SOUTH-PILTUN OIL AND GAS FORMATION OF SAKHALIN OFFSHORE PILTUN-ASTOKH DEPOSIT

N.V. Pavlinova, A.Yu. Shakhova

Peoples' Friendship university of Russia
Ordjonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

This article provides general information about the geological structure of South-Piltun oil and gas deposit as well as it considers the role of mud volcanism and its scientific-practical significance in order to clarify factors of oil and gas deposit formation for South-Piltun further development.

Petroleum expert's wide interest and thematic justification connected with the mud volcanism and hydrocarbon deposit geodynamics correlation are associated with new scientific disciplines implementation and development in oil and gas geology and geochemistry, as well as with the oil and gas fields upstream methods in view of the previous achievements in a complex of Earth Sciences. Currently, without any doubt the elision systems (especially mud volcanism) are associated with hydrocarbon saturation (especially taking into account hydrocarbon fluids migration) and are abundant in the areas where tectonic activity is expressed as the folding. In addition to clarify the geological structure characteristics of the Piltun-Astokh field (South-Piltun area) the main aim of this article is defining the connection between mud volcanoes and Nutovo subhorizon hydrocarbon deposits, revealing of volcanic confinedness to the oil and gas deposits geodynamic conditions, as well as the definition of the territory tectonic structure features.

Taking into consideration the previous years' experience and data obtained next challenging tasks should be formed, the systematization and integration carried out suggest that fault different forms distribution nature and some other factors are responsible for direct correlation between mud volcanism and oil and gas fields geodynamics.

Key words: Sakhalin shelf, mud volcanism, oil and gas field, seismic profiling, hydrocarbon accumulation

REFERENCES

- [1] Rotman V.K. *Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii. Dal'nevostochnye morya* [Geology and mineral resources of Russia. Arctic and Far East Seas]. Volume 5. Book 2; L.: VSEGEI, 2005.
- [2] Kharakhinov V.V. *Neftegazovaya geologiya Sakhalinskogo regiona* [Sakhalin region oil and gas geology]. М.: Nauchnyy mir, 2010.
- [3] Gladnikov Yu.B. *Kaynozoy Sakhalina i ego neftegazonosnost'* [Sakhalin Kainozoic era and its hydrocarbon saturation]. М.: GEOS, 2002.

- [4] URL: <http://mybiblioteka.su/5-55440.html>
- [5] Mel'nikov O.A. Gryazevoy (gazovodolitoklastitovyy) vulkanizm ostrova Sakhalin: istoriya, rezul'taty i perspektivy issledovaniy [Sakhalin mud volcanism: origin, results and research challenges]. Vestnik DVO RAN. 2010. № 6.
- [6] Sorochinskaya A.V. Geokhimicheskie i mineralogicheskie osobennosti gryazevykh vulkanov o-va Sakhalin [Sakhalin geochemical and mineralogical mud volcanoes features]. Vestnik DVO RAN. 2008. № 4. S. 140.
- [7] Iakubov A.A. Griazevoi vulkanizm Sovetskogo Soiuza i ego sviaz s neftegazonosnostiu [Soviet Union mud volcanism and its correlation with hydrocarbon saturation]. Baku: Elm, 1980.]

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 692.115

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ФУНДАМЕНТОВ

А.Н. Стасишина, М.И. Абу Махади

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, д. 3, Москва, Россия, 115419

Выбор рационального, эффективного способа усиления фундаментов и оснований является основополагающим при реконструкции зданий. Под усилением фундаментов зданий и сооружений подразумеваются работы, проводимые вследствие изменения геометрических размеров зданий, увеличением постоянных или временных нагрузок, строительством подземных сооружений в пределах периметра здания, усилением несущей способности оснований и фундаментов, утраченной вследствие суффозии, колебания уровня подземных вод и иных причин, а также возникшими деформациями конструкций и их износом. Перед решением вопроса о необходимости выполнения усиления фундаментов и выборе способа усиления проводятся инженерно-геологические изыскания и обследование конструкций существующих фундаментов. С помощью профессиональной оценки специализированных компаний осуществляется независимая экспертиза, по результатам которой определяются причины разрушения фундамента, либо — в случае увеличения площади здания — принимается комплекс мероприятий, необходимых для обеспечения надежности фундамента. Методы реконструкции разнообразны, и выбор того или иного способа зависит не только от факторов, способствующих разрушению фундамента, но и от типа здания и основания. Надежность работы реконструируемых зданий обеспечивается совместной работой системы «основание — фундамент — подземные конструкции».

Ключевые слова: усиление фундаментов и оснований, реконструкция зданий, несущая способность, основание, фундамент, усиление фундамента, укрепление фундамента, свайные технологии, инъекционные технологии

Эксплуатация сооружений и зданий влечет за собой в силу ряда причин возникновение деформаций их несущих конструкций. Неравномерные осадки являются одной из самых распространенных причин таких деформаций, которые, в свою очередь, вызывают дальнейшие негативные изменения и разрушения различных несущих конструкций: перекрытий, колонн, стен, перемычек дверных или оконных проемов, сводов и прочих. Существует множество факторов, кото-

рые вызывают подобные осадки. В этой связи необходимо принять тщательно продуманное и оптимизированное решение этой проблемы, возникающей в процессе реконструкции зданий, — выбора рационального, эффективного способа усиления фундаментов и оснований.

В настоящее время применяются следующие методики усиления различных несущих конструкций, в основном направленные на усиление фундаментов и оснований существующих зданий и сооружений:

- устройство обойм, которые укрепляют кладку фундамента и значительно снижают удельное давление несущих конструкций сооружений на грунты;
- подведение новых фундаментов и перекладка имеющихся;
- химическое укрепление грунтов;
- устройство свай, расположенных в непосредственной близости с существующими фундаментами для передачи нагрузки от зданий на сваи.

При реконструкции существующих зданий и сооружений обязательно происходят значимые изменения — или дополнительное нагружение фундамента, или в расчете схемы работающего основания. Оба случая отягощены дополнительными осадками фундаментов, неравномерное развитие которых может послужить причиной появления трещин в надземных конструкциях (стенах, перекрытиях и т.п.).

Реконструкция зданий предполагает два основных фактора, оказывающих влияние на основание:

- дополнительное нагружение основания (результат замены перекрытий, устройство этажа, мансарды и т.д.);
- углубление подвалов.

Оба фактора по результатам геотехнических расчетных обоснований могут вызывать дополнительные неравномерные осадки фундаментов [2].

Решению вопроса о необходимости выполнения усиления фундаментов и выборе способа усиления должны предшествовать инженерно-геологические изыскания и обследование конструкций существующих фундаментов [3].

Инженерно-геологические изыскания требуют исследования свойств грунтов основания непосредственно в пределах глубины заложения фундаментов и под их подошвой, а также на глубину сжимаемой толщи. Количество геологических выработок, скважин и шурфов назначают в зависимости от размеров сооружения в плане, его типа, этажности, материала, протяженности и количества несущих стен и отдельно стоящих опор, наличия подвалов и подземных коммуникаций, сложности рельефа площадки, характера окружающей застройки, наличия архивных сведений о данном сооружении и проводившихся на площадке в предшествующие годы инженерно-геологических изысканиях [3].

Инженерно-геологические изыскания проводятся с целью определения физико-механических и деформативных характеристик грунтов основания, а также определения положения уровня подземных вод, в том числе с учетом его сезонных колебаний и химического состава для уточнения характера и степени агрессивности по отношению к материалу фундаментов.

Обследование фундаментов включает выявление конструкции, определение геометрических размеров и формы, характера и материала кладки фундаментов,

а также механической прочности материала кладки и связующего раствора, определение наличия, типа и материала гидроизоляции — горизонтальной и вертикальной. Подлежит расчету и величина фактического давления сооружения в отдельных его частях и в целом на грунты основания [3].

Для того чтобы минимизировать влияние реконструкции на основание, необходимо учесть ряд факторов и произвести конструкторские расчеты.

Среди данных мероприятий необходимо выделить следующие:

- выявление причин возникновения неравномерных осадок фундаментов при реконструкции зданий;
- расчет геотехнического обоснования работы оснований и фундаментов при реконструкции зданий;
- разработка мероприятий по усилению оснований.

В нашей статье мы хотели подробно рассмотреть вопрос о разработке мероприятий по усилению оснований и фундаментов.

Под усилением фундаментов зданий и сооружений подразумеваются работы, проводимые в связи с изменением геометрических размеров зданий, увеличением постоянных или временных нагрузок, строительством подземных сооружений в пределах периметра здания, а также усилением несущей способности оснований и фундаментов, утраченной вследствие суффозии, колебания уровня подземных вод и др., а также возникшими деформациями конструкций и их износом.

Надежность работы реконструируемых зданий обеспечивается совместной работой системы «основание — фундамент — подземные конструкции».

Повреждения оснований и фундаментов возникают за счет природных и техногенных процессов, нарушений требований нормативных документов, допускаемых при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации. Основными причинами повреждений являются:

- снижение прочностных и деформационных свойств грунтов при увлажнении, а также проявление процесса набухания и пучения грунтов;
- проведение земляных работ в пределах здания или вблизи него;
- прокладка коммуникаций;
- увеличение нагрузок на основание, сопровождаемое появлением эксцентриситета их приложения;
- вибрационные или динамические воздействия как внутренние, так и внешние.

Решению вопроса о необходимости выполнения усиления фундаментов и выборе способа усиления должны предшествовать инженерно-геологические изыскания и обследование конструкций существующих фундаментов [3].

Состав, объем и методы изысканий зависят от целей реконструкции, типа здания или подземного сооружения, их состояния и степени сложности инженерно-геологических условий.

Техническое задание заказчика и проектно-техническая документация реконструируемого здания являются основой для программы обследования фундамента.

Для последовательного и полного составления программы обследования фундамента реконструируемого здания необходимо изучить и проанализировать кон-

струкции фундаментов методом их вскрытия при проходке шурфов и других выработок.

По результатам обследования составляется технический отчет, содержащий результаты обследования и техническое заключение о возможности использования конструкций фундаментов и подземных сооружений при их реконструкции и рекомендации по типу рекомендуемых конструкций и технологии их устройства.

С целью выявления специфики усиления оснований необходимо отметить следующие методики усиления различных несущих конструкций, основной задачей которых является усиление фундаментов и оснований существующих зданий и сооружений.

Наряду с этими методиками применяются технологии усиления, имеющие больший эффект: укрепление фундаментов; усиление фундаментов; применение свай для усиления фундаментов мелкого залегания; закрепление грунтов методом инъекции растворов.

Укрепление фундаментов производится с помощью цементации. Данный метод используется вследствие передачи дополнительной нагрузки при реконструкциях зданий или оборудования, механических воздействий на фундамент, неправильной эксплуатации коммуникаций и оборудования.

Для восстановления кладки фундаментов из бутового камня, керамического кирпича, а также бетонных и железобетонных конструкций фундаментов используется метод инъектирования цементным раствором, синтетическими смолами и т.п.

Для цементации в теле фундамента бурятся шурфы или пробиваются отверстия для установки инъекторов. Диаметр отверстий должен быть на 2—3 мм больше диаметра инъектора, диаметр которого обычно принимается равным 25 мм. Расстояние между инъекторами обычно принимают равным 50—100 см. Глубина погружения инъектора в тело фундамента принимается равной 0,4—0,6 толщины (ширины) фундамента. При давлении нагнетания закрепляющего раствора 0,2—0,6 МПа диаметр закрепления может составить 0,6—1,2 м.

Обычно при цементации тела фундамента проводят цементацию контакта «фундамент—грунт», которая применяется для устранения устранить пустот и промоин, появляющиеся при длительной эксплуатации сооружения, улучшения механических и физических показателей грунтов под подошвой фундамента.

При реконструкции зданий и сооружений существенно растут нагрузки на фундамент. В результате неравномерной осадки образуются трещины в сооружении. В этих условиях рекомендуется усиление фундаментов посредством выполнения обойм из железобетона или бетона. В старом основании и цоколе устраиваются штробы и бурятся шпурсы. В них устанавливаются закладные детали (арматура, балки), которые обеспечивают совместную работу старых оснований и обойм. Дополнительно в обоймах устанавливается арматура для обеспечения прочности стен в продольном направлении. Таким способом достигается развитие опорной площади, то есть снижается давление на основание и уменьшается осадка здания. В фундаментах противоположные стенки обоймы соединяют арматурными стержнями, которые крепятся к арматуре обойм.

Обойма представляет собой прочную подпорку, которая устанавливается в нужном месте с внешней, внутренней или обеих сторон фундамента. Выставленные по всему периметру здания они выглядят в виде ступеньки, которая обжимает его и может быть любой высоты: от 15—20 см до режущей кромки основания. Этот способ целесообразно использовать для малоэтажных домов без подвала.

Использование свай возможно для зданий с монолитным ленточным основанием, свайным, из бутового камня, ленточно-столбчатым, столбчатым. Практичнее устанавливать железобетонные обоймы, так как они по мере схватывания обладают способностью плотно сжимать фундамент, что придает ему требуемую устойчивость. Самые надежные обоймы — железобетонные с уширением. Они наиболее устойчивы, и на них не действуют подвижки грунта. Для формирования таких отверстий применяется специальный бур Тисе. Он формирует такую лунку, что на ее дне образуется уширение.

При большом увеличении нагрузки элементы укрепления фундаментов должны быть введены в работу путем предварительной передачи давления на основание (обжатия).

Усиление фундаментов. Традиционные способы усиления фундамента заключаются в увеличении ширины подошвы фундаментов для обеспечения уменьшения удельного давления на грунт.

Усиление фундаментов мелкого заложения может быть осуществлено путем их уширения и углубления подведением дополнительных конструктивных элементов. Такими элементами могут быть плиты, столбы или сплошные стены

На участках длиной 1—2 м грунт под фундаментом удаляют и на месте изготавливают железобетонную монолитную плиту или монтируют заранее заготовленные железобетонные элементы. После обжатия грунта в основании гидравлическими домкратами и подкладки плиты, промежуток между плитой и подошвой старого фундамента заполняют пластичным бетоном с тщательным уплотнением.

Показательным примером использования данной технологии является усиление фундаментов домов, попавших в зону подработки при строительстве метрополитена, которое обычно осуществляется подведением под поврежденное здание сплошных фундаментных плит. Эти плиты выполняются из железобетона, имеют размеры секций подвалов здания. Плиты заделывают в штробы, которые вырубают в стенах подвалов, на уровне существующих полов. Такие плиты работают совместно с существующими фундаментами, повышают общую устойчивость основания за счет уменьшения удельного давления на грунт и повышения общей жесткости зданий.

Применение свай для усиления фундаментов. При наличии в геологическом разрезе основания прочного слоя, пригодного для опирания на него свай, в проектах усиления фундаментов следует рассматривать вариант подведения свай под существующие фундаменты [1].

При усилении оснований используются буровые, буронабивные и буронабивные свай, свай вдавливания. Особенность свайных технологий заключается в необходимости применения малогабаритной техники для работы в низких помещениях (подвалы, первые этажи зданий).

Буроабивные и буровые сваи используются при увеличении нагрузок и большой толщине слабых грунтов в основании, в сложных условиях реконструкции.

Буроинъекционные сваи используются в тех же условиях, а также при невозможности частичной разборки существующих фундаментов и в стесненных условиях строительства.

Очень часто забивка свай и бурение бывают недопустимы в силу грунтовых условий, или по состоянию здания, или гигиенических требований по шуму и вибрации. В этом случае применяются вдавливаемые сваи. Располагать подобные сваи возможно очень близко к стене и даже под существующим фундаментом. Однако в этом случае необходимо предварительное укрепление фундамента и стены. Затем становится возможным последовательное отрывание шурфов под фундаментом (на 1,8—2 м глубже их подошвы). И только потом возможно подводить и вдавливать в грунт отрезки металлических труб, свариваемых одна с другой и заполняемых бетоном. Вдавливание производится домкратом. Иногда такие сваи вдавливают на глубину 25 м. Преимуществом этих свай является возможность определить их несущую способность в процессе производства работ.

За рубежом применяют вдавливаемые сваи из сборных железобетонных элементов длиной до 100 см — сваи Мега. Площадь сечения свай 20×20 и 30×30 см. Внутри свай имеется сквозное отверстие. Допустимая нагрузка: 400 кН на сваи 30×30 см и 200 кН на 20×20 см. Расстояние между сваями принимается 1,3—2 м.

В последнее время начинают применять для укрепления фундаментов буроинъекционные сваи, называемые также корневидными. Для устройства этих свай нет необходимости выполнять большие земляные работы, пробивать вручную проемы и штрабы в старых фундаментах, зачищать боковую поверхность для сцепления нового бетона с материалом старого фундамента, расходовать стальной прокат. С поверхности земли и с уровня пола первого этажа или подвала бурят вертикально и наклонно через существующий фундамент скважины до опирания на прочный грунт. Диаметр скважины обычно составляет 100—250 мм. Этот вид укрепления фундаментов наиболее индустриален. Корневидные сваи особенно целесообразно применять для усиления старых фундаментов при реконструкции здания с увеличением нагрузок на фундамент, а также при опасности нарушения естественного основания глубокими выемками или подземными выработками возле здания. Известны примеры закрепления старых фундаментов зданий в тех случаях, когда рядом строится новое здание, под нагрузкой которого возможны деформации основания под старым зданием. В отличие от буроабивных свай, корневидные сваи бурят с помощью станков с малыми габаритами и массой, не нарушающими фундамент и грунт основания [1].

Усиление грунтов методом инъекции растворов. Для повышения прочности оснований и снижения деформаций зданий и сооружений применяют различные способы закрепления грунтов и усиления грунта оснований. Инъекционное закрепление грунтов может выполняться: цементацией, микроцементацией (мелкодисперсные вяжущие), струйной цементацией, силикатизацией, замораживанием и др.

При цементации грунта частицы грунта скрепляются цементным раствором, который нагнетается через инъектор или скважину в поры грунта. Данный способ

позволяет превратить пористый грунт в сплошной монолит или отдельные столбы из цементированных грунтов.

Цементацию применяют для закрепления трещиноватых скальных пород, гравелистых и песчаных грунтов с коэффициентом фильтрации 50—200 м/сут.

Для нагнетания в грунт используют цементные растворы. При наличии крупных пустот применяют цементно-песчаные растворы.

Применяют также цементно-глинистые смеси. Обычно берут высокодисперсную глину в количестве 50—100% массы цемента.

Для приготовления инъекционных растворов должен применяться обыкновенный портландцемент, обеспечивающий наибольшую плотность цементного камня. Растворы готовят в растворосмесителях РМ-500, РМ-750, МГ2-4Х, СМ-243Б.

При больших глубинах закрепления оснований инъекционные скважины бурят станками ударно-канатного, ударно-вращательного, колонкового и ударно-поворотного бурения. Способ бурения выбирается в зависимости от категории грунтов [6].

Микроцементы представляют собой портландцемент очень мелкого помола. Они предназначены специально для инъектирования в твердые породы и грунты. Благодаря очень мелким частицам микроцементы отлично проникают в микротрещины в твердых породах и мелкозернистых грунтах, обеспечивая водонепроницаемость, прочность и долговечность в большинстве случаев инъектирования. Микроцементы могут быть сульфатостойкими и доступны в различных градациях в зависимости от максимального размера частиц. Одной из целей микроцементов является закрепление и уплотнение грунтовых массивов и конструкций путем пропитки их поровой структуры водной суспензией и последующим затверждением массива. Микроцемент является альтернативой органическим инъекционным составам. Как минеральное вяжущее, отличается прочностью, долговечностью и безопасностью для окружающей среды.

В настоящее время для закрепления грунтов и иных конструкций успешно применяются растворы на основе таких микроцементов, как «Микролег d98» (производитель — фирма «Цементоросси», Италия), «Реоцем» (производитель — фирма «БАСФ», Германия), «Микродур» (производитель — фирма «Дюкерхоф», Германия), «Инжектоцем-190» (производитель — фирма «Зика», Швейцария) и т.д. Гранулометрический состав этих материалов характеризуется величиной удельной поверхности частиц.

Струйная цементация (джет-гроутинг, jet-grouting) применяется для закрепления любых типов грунтов, кроме скальных. Устройство струйной цементации выполняется в два этапа — бурение лидерной скважины диаметром 112 мм и нагнетание цементного раствора под высоким давлением через сопла монитора, расположенного на конце буровой колонны, с одновременным ее вращением и подъемом. Диаметр грунтобетонных свай в зависимости от геологических условий составляет от 600 мм до 1200 мм. Основным преимуществом технологии является возможность производства работ без ударных нагрузок на близко расположенные здания. Кроме того, устройство струйной цементации грунтов позволяет вы-

полнить работы с высокой производительностью, в сжатые сроки, что в современных условиях является особенно важным для инвестора с точки зрения эффективности затраченных финансовых ресурсов.

Силикатизация применяется для повышения прочности, устойчивости и водонепроницаемости песчаных и водонасыщенных грунтов с коэффициентом фильтрации от 2 до 80 м/сут. Способ силикатизации успешно применяется для закрепления грунтов в основаниях существующих зданий в целях ликвидации их просадок. Силикатизация может быть двух- и одно-растворной. Двухрастворная силикатизация заключается в последовательном нагнетании в грунт сначала водного раствора силиката натрия (жидкого стекла), а затем хлористого кальция, которые в результате химической реакции образуют гель кремниевой кислоты, гидрат окиси кальция (известь) и хлористый натрий. При этом прочность грунта достигает проектного значения.

Замораживание применяют в водонасыщенных грунтах (плывунах) при возведении фундаментов, сооружении шахт и др. Для замораживания грунта по периметру котлована погружают замораживающие колонки из труб, соединенные между собой трубопроводом, по которому нагнетают охлаждающую жидкость — рассол с температурой $-20...-25$ °С. Существенными недостатками метода являются временный эффект замораживания, длительный процесс оттаивания, необходимость разрабатывать весьма прочный мерзлый грунт. Однако технология замораживания хорошо отработана и способ широко применяется.

Представленные в данной работе методы усиления различных несущих конструкций при реконструкции зданий позволяют решать задачи повышения прочности фундаментов и оснований, а также снижения деформаций зданий и сооружений при их реконструкции. Рассмотренные методы представляют собой наиболее экономичные и эффективные решения по повышению надежности реконструируемого здания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горбунов-Посадов М.И., Ильичев В.А., Крутов В.И. и др. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. М.: Стройиздат, 1985. 480 с.
- [2] Алексеев С.И. Осадки фундаментов при реконструкции зданий: учеб. пособие. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2009. 82 с.
- [3] Егоров А.И. Методические рекомендации по проектированию и производству работ при усилении оснований и фундаментов памятников. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/3547131/>
- [4] Улицкий В.М., Шашкин А.Г. Геотехническое сопровождение реконструкции городов. СПб.: Стройиздат Северо-Запад, Геореконструкция, 2010. 281 с.
- [5] Швец В.Б., Феклин В.И., Гинзбург Л.К. Усиление и реконструкция фундаментов. М.: Стройиздат, 1985.
- [6] Штоль Т.М., Теличенко В.И., Феклин В.И. Технология возведения подземной части зданий и сооружений: учеб. пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1990.

SOME ASPECTS OF RECONSTRUCTION OF FOUNDATIONS

A.N. Stasishina, Abumahadi Mohamed

Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

The choice of a rational, effective way of strengthening of foundations and bases is fundamental in the reconstruction of buildings. The strengthening of foundations of buildings means the work carried out as a consequence of the change of the geometrical dimensions of buildings, increment of permanent or temporary loads, the construction of underground facilities within the perimeter of the building, the strengthening of load-carrying ability lost as a result of suffusion, fluctuations of groundwater level and other causes, as well as resulting deformation of the structures and the wearing. Geological engineering survey and construction of the existing foundations must precede before the decision on the need to strengthen the implementation of foundations and deciding how to gain. With the help of a professional assessment of specialized companies carried out an independent examination, by means of which the results are determined by the reason of destruction of the foundation or, in the case of increasing the area of the building, are fundamental to the adoption of a package of measures needed to ensure the reliability of the foundation. Reconstruction methods are varied and the choice of a particular method depends on the factors contributing to induced damage of the foundation and the type of building and the grounds. The reliability of reconstructed buildings is provided by a joint effort of system, “base — foundation — underground construction”.

Key words: Strengthening of foundations and bases , reconstruction of buildings, load-carrying ability, base, foundation, strengthening of foundation, underpinning, pile technologies, injection technologies

REFERENCES

- [1] Gorbunov-Posada M.I., Il'ichev V.A., Krutov V.I. and others. *Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya. Pod obshch. red. E.A. Sorochana i Yu.G. Trofimenkova* [The grounds, foundations and underground structures. Under the total. Ed. E.A. Sorochan and Yu.G. Trofimenkova]. M.: Strojizdat, 1985. 480 s.
- [2] Alekseev S.I. *Osadki fundamentov pri rekonstrukcii zdaniy: uchebnoe posobie* [Precipitation foundations for reconstruction: a tutorial]. SPb.: Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya, 2009. 82 s.
- [3] Egorov A.I. *Metodicheskie rekomendacii po proektirovaniyu i proizvodstvu rabot pri usilenii osnovanij i fundamentov pamyatnikov* [Guidelines for the design and production of works in the strengthening of the foundations of monuments]. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/3547131/>
- [4] Ulitsky V.M., Shashkin A.G. *Geotekhnicheskoe soprovozhdenie rekonstrukcii gorodov* [Geotechnical support for urban renewal]. SPb.: Strojizdat Severo-Zapad, Georekonstrukciya, 2010. 281 s.
- [5] Shvets V.B., Feklin S.I., Ginzburg L.K. *Usilenie i rekonstrukciya fundamentov* [Strengthening and reconstruction of foundations]. M.: Strojizdat, 1985.
- [6] Stoll T.M., Telichenko V.I., Filin V.I. *Tekhnologiya vozvedeniya podzemnoj chasti zdaniy i sooruzhenij. Uchebnoe posobie dlya vuzov* [The technology of construction of underground parts of buildings and structures. Textbook for high schools]. M.: Strojizdat, 1990.

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА РЕКОНСТРУКЦИИ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

А.Н. Стасишина, М.И. Абу Махади

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, д. 3, Москва, Россия, 115419

Выбор рационального, эффективного способа усиления свайных фундаментов и оснований является основополагающим при реконструкции зданий в средней полосе России. В данном регионе применение свайного фундамента является целесообразным ввиду геологических особенностей строения грунта, а также наличия территорий с водонасыщенными слабыми грунтами. Наиболее оптимальными решениями усиления фундаментов и оснований являются те, благодаря которым максимально задействуются существующие конструкции фундаментов и возможности несущей способности оснований. К данным решениям относятся: реконструкция свай, усиление ростверка фундамента и закрепление грунтового основания. Усиление свай осуществляется способом усиления свайных столбов либо с помощью установки дополнительных буронабивных свай. Для усиления основания прибегают к методу погружения дополнительных забивных или устройства буронабивных свай вплотную к существующим сваям. Основным методом закрепления грунтового основания является способ инъекции различных растворов в грунт. Выбор необходимого способа усиления фундамента либо основания зависит от грунта и его характеристик, а так же от нагрузок, передающихся от вышерасположенных конструкций и динамических воздействий.

Ключевые слова: свайный фундамент, деформации свай, усиление свайных столбов, буронабивная свая, буронабивная свая, усиление ростверка фундамента, торкретирование, закрепление грунтового основания, обжиг грунта

Реконструкция зданий, как правило, производится из-за потери несущей способности основных конструкций здания, вызванных либо дополнительными нагрузками, не предусмотренными при проектировании, либо изменениями работы конструктивной схемы здания. В этих случаях возникают дополнительные нагрузки на фундамент и, как следствие, неравномерная осадка. Данный процесс может повлечь за собой не только нарушение эстетического облика здания, но и являться основополагающим фактором разрушения несущих конструкций, что может привести к частичному или полному разрушению всего здания.

Особенностью строительства домов в средней полосе России является широкое распространение свайных фундаментов. Принимая во внимание, что в данном регионе чаще всего присутствуют слабые водонасыщенные грунты, в частности насыщенные водой сильносжимаемые грунты, которые при обычных скоростях приложения нагрузок на основание теряют свою прочность, вследствие чего уменьшается их сопротивление сдвигу и возрастает сжимаемость, свайные фундаменты являются оптимальным решением, когда требуется передать нагрузку от здания на более плотные породы, залегающие на некоторой (иногда значи-

тельной) глубине. В современном строительстве свайные фундаменты широко востребованы, так как характеризуются повышенной несущей способностью и экономичностью из-за малого объема земляных работ.

Однако в процессе эксплуатации жилых домов и прочих сооружений в фундаменте могут происходить различные деформации. Это можно определить по возникновению трещин на цоколе, фасаде, стенах здания. В случае проявления данных признаков возникает необходимость реконструкции фундамента.

Под реконструкцией фундаментов понимаются работы, проводимые в связи с изменением расчетной схемы здания, ввиду изменения геометрических размеров сооружения, возрастанием нагрузок на несущие элементы, устройством дополнительных подземных или надземных помещений, а также усилением несущей способности фундамента, нарушенной вследствие изменения характеристик грунта основания. Цель реконструкции — выровнять неравномерность осадок до допустимых пределов и предотвратить возможность возникновения дополнительных усилий в надземных конструкциях здания.

К основным причинам повреждения фундамента относятся:

- снижение прочностных и деформационных свойств грунтов при проявлении процесса набухания и пучения грунтов;
- земляные работы вблизи здания;
- прокладка коммуникаций;
- увеличение нагрузок на основание;
- вибрационные и динамические воздействия.

При реконструкции фундаментов перед обследователями и проектировщиками неизбежно встают вопросы о физико-механических свойствах грунтов основания, об их расчетных характеристиках, о размере дополнительных (неравномерных) осадок, о степени устойчивости существующих фундаментов. Чтобы ответить на данные вопросы, необходимо определить свойства грунтов, расположенных под подошвой фундамента. Для этого необходимо выполнить исследовательские шурфы рядом с отдельными фундаментами, которые позволят оценить не только состояние конструкции фундаментов, но и уточнить физико-механические свойства грунтов.

Проведение изыскательских работ и получение физико-механических характеристик грунтов основания является главнейшим фактором при планируемой реконструкции фундаментов и оснований. Свойства грунта, определенные непосредственно на месте залегания существующих фундаментов, позволяют обоснованно решать проектные вопросы, связанные с дополнительным нагружением основания.

По результатам обследования составляется технический отчет с результатами обследования и техническим заключением. Основываясь на предоставленной документации, принимают решения об эффективных способах проведения реконструкции фундамента.

Наиболее оптимальными решениями усиления фундаментов и оснований являются те, благодаря которым максимально задействуются существующие конструкции фундаментов и возможности несущей способности оснований.

Среди факторов, влияющих на то, каким образом будет проведено восстановление фундамента, отмечаются конструктивные особенности дома, состояние грунта и оснащенность организации, осуществляющей работы. На сегодня существует множество технологий, подробно обосновывающих, как восстановить фундамент. Это зависит от состояния здания на текущий момент, степени риска, связанной с возможным разрушением основания, стен дома.

Основополагающими при выборе технологии усиления являются конструктивные особенности здания, состояние грунта в основании и оснащенность организаций, осуществляющих работы. Современное оборудование позволяет выполнять работы по усилению оснований и фундаментов технологично, быстро, надежно, с минимальным использованием ручных операций.

Современные методы расчета позволяют смоделировать на основе геотехнической информации конкурентоспособные варианты технологии усиления оснований и фундаментов. Без должного расчетного обоснования нельзя отказываться от традиционных технологий. В комплексе с новыми, современными, они часто дают положительный эффект.

Наличие деформаций в сваях рассматриваемого нами типа фундамента влечет за собой их обязательное устранение. Среди способов устранения подобных деформаций возможно рассмотреть следующие.

Способ усиления свайных столбов. Если здание имеет высокий ростверк, наиболее доступным является способ усиления свайных столбов. Свая усиливается железобетонными обоймами, с помощью стенки толщиной не менее 100 мм, замкнутой по периметру свайного столба конструкции, которые за счет своего обжатия, предотвращают распространение трещин и существующих деформаций. Обойма увеличивает площадь свайной опоры, что приводит к увеличению несущей способности сваи. Обоймы устанавливаются по всей видимой длине, осуществляется заглубление сваи не менее, чем на 1 м.

Способ усиления с дополнительной установкой буроинъекционных свай. Данный метод способствует созданию вокруг сваи «рубашки», препятствующей дальнейшему разрушению. Такой способ осуществляется посредством бурения нескольких скважин вокруг деформированной сваи, в последствие заполняемых цементным раствором с пластификаторами, сокращающими время отвердевания смеси. Размеры скважин от 50 до 80 мм и устанавливаются не менее одной, возле каждой грани сваи. Стандартный метод представляет собой подачу бетона при давлении 15—20 мПа. Струйная технология позволяет уплотнить почву вокруг сваи и увеличить ее несущую способность, благодаря высокому давлению подачи бетона 350—450 мПа, поток бетона расширяет стенки пробуренного шурфа, вытесняя почву.

Способ усиления сваи с помощью погружения забивной или устройства буронабивной сваи вплотную к свайному стволу. Данный метод позволяет увеличить несущую способность основания и является целесообразным при надстройке дополнительных этажей. Дополнительные сваи не устраняют существующих дефектов в сваях, они служат дополнительными опорами для равномерного распределения нагрузки от здания, воспринимая некоторую ее часть на себя.

В случае реконструкции здания на винтовых сваях, здание поднимается посредством гидравлических домкратов над свайным полем, а опоры устанавливаются по контуру стен. При реконструкции здания с железобетонными сваями, новые опоры монтируются на расстоянии 1,5—2 м от существующих стен дома и соединяются со старым свайным полем с помощью выносных балок.

Помимо рассмотренных способов устранения деформаций свай, часто возникает необходимость усиления ростверка фундамента. Здесь также возможно рассмотреть несколько способов.

Способ торкретирования позволяет устранить коррозию наружного слоя способом послойного нанесения цементного раствора под давлением в 0,5—0,7 мПа. Предварительно поверхность необходимо очистить вручную с помощью стальных щеток или обдува поверхности из пескоструйного компрессора и закрепить арматурную сетку ячейкой 5—10 см, диаметр проволоки 3—5 мм для увеличения адгезии (схватывания) наносимой смеси со стенками ростверка. Общая толщина наносимого бетона должна составлять 2—4 см и выполняться в 2—3 слоя. Между торкретированием слоев необходимо делать перерывы для отвердевания нанесенной смеси.

Если повреждения ростверка значительны, то раствор нагнетают в заранее пробуренные продольные и накладные шпурсы, которые должны охватывать всю поврежденную область ростверка. Шпурсы на поверхности ростверка высверливаются в шахматном порядке перфоратором. Диаметр отверстий от 2 до 4 мм, а расстояние между ними от 80 до 150 см. Глубина отверстий составляет 40% от общей толщины ростверка (при высверливании с двух сторон и 75% (при высверливании с лицевой стороны). Все отверстия выполняются между поясами арматурного каркаса. В образовавшиеся отверстия нагнетается бетонная смесь под давлением 0,7—1,2 мПа, предварительно полости промываются водой, подающиеся через трубки под давлением 0,3—0,2 мПа.

При существенном разрушении свайного фундамента выполняются **работы по усилению фундамента в целом**.

В данном случае необходимо закрепить грунт вокруг свай, потерявший свои несущие способности. Грунтовое основание требует усиления, если его деформации привели к недопустимым неравномерным осадкам фундаментов и эти деформации не стабилизировались. Усиление грунтового основания производится путем его закрепления. Существует также ряд методов закрепления грунтового основания.

Основным методом закрепления грунтового основания является **инъекции в грунты** различных растворов. Укрепление фундамента производят с помощью нагнетания определенного раствора в грунт посредством инъекторов. Инъекторы представляют собой стальные трубы диаметром 27—150 мм с перфорированной нижней частью. Такие трубы забиваются в грунт на глубину 6—8 м с помощью пневмомолотов. Извлечение инъекторов производят копровыми установками либо домкратами.

По составу смеси для укрепления грунтов делятся на инъекции на основе цементных вяжущих; инъекции на основе силиката натрия (жидкого стекла) и

отвердителей в виде слабых растворов кислот или щелочей; инъекции растворов полимерных смол и отвердителей в виде слабых растворов кислот.

Выбор состава смеси зависит от типа укрепляемого грунта. Силикатизация для крупных песчаных и лессовидных грунтов, смолизация — для мелких песков, цементация — для гравелистых и глинистых грунтов. При силикации используется раствор силиката натрия, благодаря которому при взаимодействии с солями кальция в лессовидных грунтах, образуется кремниевый гель, который отвердевает и превращает песок в твердую породу. При смолизации достигается аналогичный эффект за счет раствора из карбамидной смолы. При цементации процесс нагнетания производится при помощи цементных растворонасосов, а для приготовления цементных растворов используются растворосмесители. Данный метод превосходно себя зарекомендовал при уплотнении средних и крупных песков.

Также к способам укрепления грунта относится *метод обжига*, при котором увеличивается плотность и несущая способность основания. Технология данного метода заключается в использовании топливной смеси, которая, при сгорании в заранее пробуренных скважинах, способствует поддержанию высокого давления за счет нагнетания сжатого воздуха. Под воздействием воздуха внутрь грунта проникают раскаленные газы, что приводит к образованию пласта обожженной, высокотвердой породы.

Таким образом, при реконструкции свайного фундамента применяется целый комплекс мер, направленный на его усиление и повышение несущей способности. Выбор конкретной технологии усиления производится после глубокого исследования конструкций, и в зависимости от того, что послужило причиной возникновения дефектов фундамента, осуществляется выбор конкретного и рационального способа его усиления. Одним из важных критериев выбора рациональной технологии усиления фундаментов является соотношение прочности и экономичности, что способствует не только восстановлению несущей способности фундамента, но и возможности экономии материалов и снижения трудозатрат.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Алексеев С.И.* Осадки фундаментов при реконструкции зданий: учеб. пособие. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2009. 82 с.
- [2] *Бурлаков Е.* Усиление и реконструкция оснований и фундаментов. URL: <http://allaboutadvertising.ru/usilenie-i-rekonstrukciya-osnovanij-i-fundamentov/>
- [3] *Гроздов В.Т.* Усиление строительных конструкций при реставрации зданий и сооружений. СПб., 2005. 114 с.
- [4] *Пьянков С.А.* Свайные фундаменты: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2007.
- [5] Усиление свайного фундамента. URL: <http://ustanovkasvai.ru/stati/74-usilenie-svajnogo-fundamenta>

SOME RATIONAL METHOD OF OF RECONSTRUCTION OF FOUNDATIONS

A.N. Stasishina, Abumahadi Mohamed

Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

The choice of a rational, efficient method of strengthening pile foundations and bases is fundamental in the reconstruction of buildings in Central Russia. In this region the use of pile foundation is efficient due to the geological characteristics of the structure of the soil, and the presence of areas with weak water-saturated soils. The most optimal solutions of strengthening of bases and foundations are the ones that are the most using existing foundations and possibility of load-carrying ability of foundations. These solutions include the reconstruction of piles, reinforcement of foundation frame and consolidation of the earth foundation. Data solutions include: reconstruction of piles, pile cap foundation strengthening and consolidation of the subgrade. Strengthening piles follow the method given by enhance the pillars either by installing additional CFA piles. In order to strengthen the base are resorted to the method of immersing devices or other precast bored piles adjacent to existing piles. The basic method of fixing the subgrade is a method of injection of various solutions into the ground. Selecting the way to strengthen the foundation or base depends on the soil and its characteristics, as well as the loads transmitted from the upstream structures and dynamic effects.

Key words: piles foundation piles deformation, strengthening of pile pier, augercast pile, pressure pile, reinforcement of foundation frame. shooting, consolidation of the earth foundation, burning of soil

REFERENCES

- [1] Alekseev S.I. Osadki fundamentov pri rekonstrukcii zdaniy: uchebnoe posobie [Precipitation foundations for reconstruction: a tutorial]. SPb.: Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya, 2009. 82 s.
- [2] Burlakov E. Usilenie i rekonstrukciya osnovanij i fundamentov [Strengthening and reconstruction of the foundations]. URL: <http://allaboutadvertising.ru/usilenie-i-rekonstrukciya-osnovanij-i-fundamentov/>
- [3] Grozdov V.T. Usilenie stroitel'nyh konstrukcij pri restavracii zdaniy i sooruzhenij [Strengthening of building structures in the restoration of buildings and sooruzhenij]. SPb., 2005. 114 s.
- [4] P'yankov S.A. Svajnye fundamenty: uchebnoe posobie [Pile foundations: the manual]. Ul'yankovsk: UIGTU, 2007.
- [5] Usilenie svajnogo fundamenta [Strengthening of pile foundation]. URL: <http://ustanovkasvai.ru/stati/74-usilenie-svajnogo-fundamenta>

BUSINESS CENTERS: CLASSIFICATIONS, MAIN PROPERTIES AND REQUIREMENTS

Z.S. Alhalabi, S.M. Khalabi, I. Khalil

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

Business centers are becoming one of the most important architectural components of modern cities; the need of such centers became a demand due to the concentration of high number of businesses and international businesses within big cities, which created the demand of an architectural cluster of business centers that facilitates running business between enterprises and keep the high concentration of financial flow within one zone.

To understand this concept; the article will first note the most important business centers of our modern world, the percentage of companies present, and the medium rental cost. The financial components plays a huge role when it comes to business centers; as they always need funding to be realized, and to be funded they need to be able to produce an equivalent value and profit; in other terms they need to be self-independent buildings, to be able to understand that we need to take a look at the current examples in our world.

Moreover, it's very important to understand the different types of business centers, as they provide a variety of different services not to mention the importance of understanding location requisites depending on the type of business center. In this article the main classification of business centers is explained briefly with an example.

Urban requirements and importance is discussed briefly as it is important to understand the concept of CBD (Central Business District) and how it reflects on the hosting cities in many different ways. As our urban formation is changing slowly and architectural demands are changing, it's important to plan for our future cities to fulfill the objective and create flexibility and comfort, and avoid future complication and unnecessary waste of cost.

Key words: business center, central business district, frchitecture, skyscrapers, psychosomatic-comfort, modern cities, urban planning, classification, city icons, future city formation

Introduction

There are two meanings of the phrase Business Center [1]; the first one refers to a place where enterprises and companies are able to rent offices, meeting rooms, events room, etc. to run their business. While the other meaning of a Business Center refers to a town, a city or a part of city where there's a cluster of commerce buildings in which there is a lot of financial and business movement.

The architecture of a single business center and the cluster within a city are both very important, as commerce movement is growing rapidly to cope with needs of our modern fast-moving population. More and more business centers are being brought to existence in modern cities, while the old business centers are growing in size and height.

The Most Popular Business Centers in The World

The web that is created between business centers in the world is a very important thing to consider. Financial movement and commerce are one the most dominant aspects in our modern society and reflects on the architecture of our cities. To understand this better, a brief study of the top 10 Popular Business centers in the world is presented [6]:

— according to world classification Paris takes the 10th place on the list with a 55.7% companies present and a medium rental cost of \$1,093/sq. meter;

— while Dubai which is the biggest business hub in the Middle East takes the 9th place with a 56.1% of companies present and a \$524/sq. meter rental cost;

— Madrid is the 8th on the list and hosts a 59.6% of companies present and it hosts more than 75% of media, technology and telecommunications companies, which is almost the same level as New York City. The rental cost is around \$484/sq. meter;

— Beijing takes the 7th place with a 60.4% of companies present and a rental cost of a \$735/sq. meter. It hosts a high number of mining, construction, and agricultural enterprises;

— even though Moscow takes the 6th place in the world's list, it is the 2nd most popular business center in Europe. It has a 60.7% of companies present and rental cost of an \$850/sq. meter;

— Shanghai is the 5th and has a 61.4% of companies present and a rental cost of an \$812/sq. meter. Mainly it has a high concentration of mainland stock exchange;

— London is the 4th and has a 63.2% of companies present and a rental cost of a \$974—\$1,683/sq. meter depending on location. It's one of the world's oldest top business centers;

— Tokyo is the 3rd and has a 63.9% of companies present and a very high rental cost of a \$20,469/sq. meter. It is home to 47 Japanese Fortune 500 companies, which includes Honda, Sony, and Mitsubishi;

— Singapore takes the 2nd place with a 67.5% of companies present and a rental cost of an \$850/sq. meter and one of the most popular in Asia;

— the 1st city on the list is Hong Kong with a 68.2% of companies present and a rental cost of a \$2,297/sq. meter. It is the world's most popular city for international businesses.

Classification of Business Centers by Component

Even though most modern cities have a central business district, some smaller business center buildings might be scattered in crowded and important parts of the city.

There are three main categories of business center buildings which differ in components, number of offices and function.

Small Size Buildings

This type of business centers is usually located outside the central business district but in an important location whether it's the city center or just a crowded area.

It usually contains offices, common areas, toilets, storage area and restaurants.

An example of this type of business center is *Kitai Gorod Business Center*. It's located in Moscow — Russia within the old center of the city. The architecture of the building goes back to the middle of the XIX century. However it's provided with modern interior.

Shops, stores and a big supermarket occupy the first and second floor. Third, fourth and fifth floor are occupied by offices with an approximate area of 10 000 m² [2].

General space distribution: Office (20—500 m²).



Fig. 1. Kitai Gorod Business Center — Moscow — Russia [2]

The building is provided with a good infrastructure which includes all needed services. Such type of business centers is very popular as it is easy to host almost anywhere within the city, whether it's a big or a small city.

Medium Size Buildings

Such business centers generally contain offices, common areas, toilets, storage area, meeting halls, event rooms, shops, restaurants, cafes, sports center and might also have apartments and/or a hotel. This type of centers is usually located near a metro station and easy to access.

An example of this type of business center is Park Place located in Moscow — Russia. It is located to the east-west of the city and within 14 kilometers from the Kremlin.



Fig. 2. Park Place — Moscow — Russia [4]

With a total area of 37,750 m², it contains offices 10,900 m², apartments 24,270 m² and retail stores 1,400 m² [4].

General space distribution: Office (20—500 m²).

Apartment: (60—170 m²) — Office (60—330 m²) — Retail store (10—300 m²)

The Complex has 24-hour on site security, child care center, sport center with tennis court and heated underground parking facility.

This type of business centers is usually found in big cities and good for creating business centers away from the main business district within a big city or in small region near a big city.

Big Size Buildings/Skyscrapers

This type of business centers has it all. It usually contains a hotel, apartments, a mall, restaurants, cafes, a sports center, storage area, entertainment facilities, cinemas, event halls, and other facilities.

Usually located within the *Central Business District (CBD)* and hosts various amounts of activities and businesses. Such type of buildings can be found in big cities with business districts. An example of this type of buildings; Bagration Bridge and Tower 2000 office Complex in Moscow — Russia.



Fig. 3. Bagration Bridge and Tower — Moscow — Russia [3]

This project was completed in two phases. The first phase was the Bagration Bridge. Completed in 1999; this building was one the first main buildings built in Moscow's International Business Center. The second phase was the Tower. Completed in 2001 with a total floor area 60,000 m²; containing 2000 office. With 30 floors above ground and 4 floors under, the building is 130 m high [3].

The underground floors contain; Parking, restaurants, shops, stores and a fitness center, whereas floors 3—15 and 17—26 contain business offices. And floors 8 and 27 contain a media center, large exhibition hall and piano bar.

The tower is considered a good example of business centers located within a CBD of any city.

Urban Requirements

In most modern big cities a *Central Business District (CBD)* is found. It is the commercial and business center of a city, also known as the “financial district”. In some cases the location of the CBD and the city center might be the same, however, but these two concepts are different: in many cities the CBD located away from its commercial or cultural city center or downtown.

Usually the CBD of a city has a higher density the surrounding districts, and contains the tallest buildings in the city.

It is important to note that the CBD is usually located within the center of the city but apart from the historic part. In many cases, it is also the host of the activity center of the city or at least of the major centers for entertainment including night life.

The unique design of CBD usually reflects on the city’s image and icons. Many cities around the world are known for their unique buildings within the CBD.

Conclusion

As cities are growing and the population is rising in numbers, so is business, hence; the financial movements. Many cities and capitals are growing in size and business that governments are reshaping those cities, such as Quito-Ecuador [5] as the city will soon have its own CBD.

It is much efficient and time saving for cities to have a CBD where all big businesses (government and private one) and banks can exist in one area, especially that cities are much bigger than before with traffic problems.

Urban formation is changing slowly and architectural demands are changing, it’s important to plan for our future cities to fulfill the objective and create flexibility and comfort, and avoid future complication and unnecessary waste of cost.

As a conclusion; cities are being reformed slowly, and soon cities will look much different than they do now; A group of clusters where we use more vertical commuting than horizontal. It is important to understand that more and more people are making choices to live within the CBD (at least during weekdays) as it much comfortable and time saving. However, living in such districts contradicts with to the psychosomatic comfort of human beings, therefore architects are aspiring towards building skyscrapers that merge nature within.

Creating complete cities within buildings might be the future prognosis and has already started in a miniature scale, new construction materials are facilitating this process; however, it is very important to create a way to keep human contact to nature. As a prognosis; the CBD concept might develop easily into a new future city formation, therefore, these two concepts cannot be separated as they are strongly linked to each other.

REFERENCES

- [1] www.dictionary.cambridge.org [Online] <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/business-centre>
- [2] www.kg-center.ru [Online] <http://www.kg-center.ru/>
- [3] www.en.wikipedia.org [Online] [October 2015.] https://en.wikipedia.org/wiki/Central_business_district

- [4] www.mbtg.ru [Online] <http://www.mbtg.ru/clients/~ppm/index.html>
- [5] www.elcomercio.com [Online] [2015] <http://www.elcomercio.com/actualidad/quito/reformas-viales-plataformas-oficiales.html>
- [6] www.cnb.com [Online] [August 2011.] <http://www.cnb.com/2011/08/15/Worlds-Most-Popular-Business-Cities.html?slide=6>

БИЗНЕС-ЦЕНТРЫ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ОСНОВНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

З.С. Альхалаби, С.М. Халаби, И. Халил

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198

Бизнес-центры становятся одним из самых важных архитектурных компонентов современных городов; необходимость таких центров вызвана концентрацией предприятий и международных компаний в рамках крупных городов, которые создали спрос архитектурного кластера бизнес-центров, облегчающих ведение бизнеса между предприятиями и в то же время позволяющего сохранить высокую концентрацию финансовых потоков в рамках одной зоны.

Чтобы понять эту концепцию, авторы сначала обращают внимание на самые важные бизнес-центры современного мира, на процент присутствующих компаний и на среднюю стоимость аренды. Финансовые компоненты играют огромную роль в бизнес-центрах, так как они всегда требуют финансирования для реализации, и, чтобы получить финансирование, они должны быть в состоянии производить эквивалентную стоимость и прибыль; другими словами, они должны быть независимыми самостоятельными зданиями. Чтобы это понять, мы должны взглянуть на имеющиеся в мире примеры.

Кроме того, очень важно понимать различия бизнес-центров, поскольку они обеспечивают разные услуги, не говоря уже о важности местоположения в зависимости от типа бизнес-центра. В этой статье основная классификация бизнес-центров представлена с примерами.

Обсуждение городских требований и условий важно для понимания концепции ЦДР (центральный деловой район) и как это в последствии может отразиться на принимающих городах. Наша городская среда постепенно меняется, и архитектурные требования меняются, важно планировать будущие города так, чтобы создать удобство и комфорт и избежать в будущем сложностей и ненужных расходов.

Ключевые слова: бизнес-центр, центральный деловой район, архитектура, небоскребы, психосоматический комфорт, современные города, городское планирование, классификация, городские знаки, формирование будущего города

МОБИЛЬНОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ ЗДАНИЙ

В.М. Шувалов, М.М. Саад

Кафедра Архитектуры и градостроительства
Инженерный факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

В статье рассмотрены варианты озеленения в городской среде при плотной застройке, роль зеленых насаждений, их влияние на экологическую среду в городе. Главная цель — проанализировать причины воздействия города и деятельности человека на экологию и пути решения данной проблемы. Основные задачи, рассмотренные в статье: проанализировать причины возникновения экологических проблем в городе; дать характеристику основных экологических проблем городов; рассмотреть пути улучшения экологического состояния города с помощью внедрения мобильных систем озеленения. Показан опыт Сингапура в решении данной проблемы, рассмотрена возможность ее реализации в Москве. Приводится пример экологического парка в Сингапуре, построенного в рамках программы озеленения и улучшения экологической обстановки мегаполиса.

Ключевые слова: урбанизация, мобильное озеленение зданий, вертикальное озеленение фасадов, экопарковка, экстенсивный и интенсивный тип озеленения крыши, экопарк «Сады Залива»

Чистый атмосферный воздух обеспечивает здоровую жизнедеятельность человека. Люди в городах в основном не отличаются сильным иммунитетом и подвержены различного рода болезням. Главная причина этого заключается в неблагоприятной экологической ситуации. Особенно остро это проблема ощущается в крупных городах, где сосредоточено большое количество населения. В связи с этим охрана атмосферного воздуха во многих развитых странах является наиболее важной проблемой и ей уделяется особое внимание. Данная проблема требует поиска путей решения как при перепланировке жилых микрорайонов, так и при строительстве новых с учетом экологии и тесной исторической взаимосвязи человека и природы.

Урбанизация и ее отрицательные экологические последствия

Урбанизация (от лат. *urbanus* городской) — процесс повышения роли городов в жизни страны, общества, когда экономическая и культурная жизнь сосредотачивается в городских центрах, мегаполисах. Причины урбанизации вызваны ростом индустрии в городах, переустройством поселков в города, естественным приростом населения. Из-за сосредоточения населения на одном участке, переизбытка транспорта, промышленных предприятий и шума возникают экологические проблемы, требующие решения. Город в своих пределах является мощной системой, которая влияет на атмосферу, почву и воду. Из-за расширения городов

сокращаются леса, меняются русла рек, меняется химический состав водных ресурсов. Строительство многоэтажных зданий имеет отрицательные последствия для грунтов из-за просадки зданий в таких районах [2].

Озеленение улиц города и создание парков благоприятно сказалось бы на экологической ситуации, снизив шумовое воздействие и антропогенное влияние города на воздух.

Основные экологические проблемы города

Загрязнение воздуха города автотранспортом. Загрязнение воздуха автомобильным и грузовым транспортом является одной из главных проблем неудовлетворительного экологического состояния города.

Способы решения борьбы с выхлопными газами автотранспорта:

- совершенствование двигателей внутреннего сгорания;
- перевод двигателей внутреннего сгорания на газообразное топливо.

Загрязнение воздуха смогом. Смог возникает из-за наличия в атмосфере высокой концентрации оксидов азота, углеводорода, интенсивной солнечной радиации и безветрия. Чаще всего смог возникает при жарком лете, при длительной ясной погоде. Этот фактор приводит, в частности, к ускоренному разрушению фасадов зданий.

Загрязнение водного бассейна города. Загрязнение воды является серьезным фактором, который ухудшает экологическое состояние города. Загрязнение воды происходит как за счет сброса промышленными предприятиями неочищенных стоков, так и за счет попадания в водоемы ядохимикатов и удобрений. Все это ухудшает качество питьевой воды. Ежедневно в крупных городах при расчете на одного жителя в водоемы сбрасывается 1 м³ сточных вод. Попадание загрязненной воды (канализационных стоков) в места, отведенные для купания или в зону водопотребления, приводит к массовым инфекционным заболеваниям. Поэтому для дезинфекции воды проводится ее гиперхлорирование, что, в свою очередь, небезопасно для здоровья человека. Города нуждаются в более мощных очистных сооружениях [3].

Шумовое воздействие. Серьезной проблемой городов является шум. Воздействие шума на человека со временем может привести к ухудшению слуха. Жалобы на шум начинают появляться при превышении шума в 35 дБА, число жалоб резко возрастает при уровне уличного шума выше 75 дБА. Борьба с транспортным шумом проводится несколькими способами:

- зонированием территории;
- разделением потоков грузового и автомобильного транспорта;
- за счет широкого использования сооружений, которые экранируют источники шума, а также высадки зеленых насаждений, защищающих от шума;
- за счет ограничения движения транспорта в центре города, перераспределения на магистрали непрерывного движения [2].

С учетом рассмотренных экологических проблем важным фактором в городах является устройство парковых зон в районах для защиты от шума, пыли от автотранспорта.

Озеленение как один из способов решения экологической проблемы в городе

На сегодняшний день при сдаче в эксплуатацию новых жилых районов остро стоит проблема организации мест отдыха граждан. Озеленение в городе, помимо эстетической красоты, защищает от воздействия выхлопных газов, а также впитывает вредные газы, содержащиеся в воздухе. При озеленении районов города рекомендуется высаживать различные виды деревьев, кустарников, травянистых растений. От зданий деревья и кустарники должны быть высажены не ближе 5 метров. Зеленые насаждения должны быть высажены в виде многоярусных сплошных посадок с плотным листовым покровом. Высаживаются деревья от здания на расстоянии четырех его высот. Помимо ветрозащитных свойств, деревья играют важную роль в борьбе с шумом. Они поглощают до 24% звуковой энергии, а оставшуюся ее часть отражают, рассеивая ее во всех направлениях. Даже в безлиственном состоянии зеленые насаждения снижают уровень шума на 2–6 дБА. Без благоустройства территории не сдается ни один архитектурный объект. Деревья защищают здания от снежных бурь, предотвращая снежные заносы, а также формируя достаточный снежный покров [1; 4].

Новые направления проектирования городов с экологическим комфортом

В связи с уплотнением застройки в крупных городах, вызванной урбанизацией, исчезают традиционные места отдыха жителей. Такая проблема наблюдается в центральных частях мегаполисов. В условиях плотной застройки увеличивается плотность населения и уменьшаются парковые зоны отдыха, нарушаются нормы зеленых насаждений на одного жителя.

В наше время проблему озеленения микрорайонов можно решать без сноса зданий, за счет создания экологически комфортных зон. Это является приоритетным направлением на сегодняшний день. С этой целью проводятся следующие мероприятия [5]:

- систем мобильного озеленения;
- озеленение крыш зданий;
- вертикальное озеленение фасадов;
- строительство экопарковок.

Системы мобильного озеленения (рис. 1) — это озеленение города, района или конкретной местности, которое реализуется за счет конструктивных элементов. Эти конструктивные элементы могут специально вводиться, перемещаться или полностью устраняться из городской среды. Благодаря легкости установки и переноса в условиях плотной застройки, в центре города мобильные системы озеленения являются незаменимыми и позволяют городской среде регулярно изменяться, быть более разнообразной.

Благоустройство территории с помощью мобильных систем озеленения позволяет на небольших участках пространства города размещать нужное количество насаждений, используя поверхности и территории, прежде не задействованные для зеленых пространств. Данная система значительно упрощает и делает легкоосуществимыми работы по благоустройству в жилых районах города [5].



Рис. 1. Проект «Экококоны» на территории Бостона.

Пример мобильного озеленения в плотной застройке города

Источник: <http://www.robotbuzz.fr/inclassable/concept-de-fermes-verticales-robotisees-urbaines/>

Мобильные системы озеленения выполняют три важные функции:

— утилитарную функцию: обеспечивают разнообразие с помощью озелененных пространств, а также выявляют пространственные, композиционные преимушества и т.д.;

— санитарно-гигиеническую функцию: формирование пространства городской среды, которое соответствует требованиям комфорта, нейтрализует негативные факторы, такие как пыль, газ, шум, перегрев;

— эстетическую функцию: создание благоприятных условий в городе с психологической и эмоциональной точек зрения, создание композиционных связей между природой и территорией города [5].

Главные особенности мобильных систем озеленения в городе:

— возможность внедрения в любую среду города, независимо от плотности застройки;

— соответствие потребностям человека в недостатке природы, осуществление санитарно-защитных функций от техногенных воздействий города;

— быстрая возводимость, конструктивная простота за счет легкого монтажа, демонтажа, модульности элементов [5].

Применение мобильных систем озеленения в зависимости от функциональной зоны города

Мобильные системы в жилых районах. Помимо проектирования комфортабельного жилья с удобной планировкой, важнейшим требованием является организация экологически комфортной зоны вокруг дома: создание парков, детских площадок во дворе и т.д. Иными словами, необходимо осуществлять мероприятия по благоустройству района и обеспечению норм озеленения. Если обычное долговременное озеленение невозможно, используется мобильное озеленение.

Мобильные системы в общественных зонах города (вокзалы, аэропорты, торговые центры). Для внедрения мобильных систем используется прилегающая территория здания, а также крыши зданий. Один из примеров мобильной озеленения в общественном здании — Международный аэропорт Дубая. В зале ожидания разбит парк, где собраны растения различных видов, который простирается на большие расстояния с зонами отдыха и игровыми для детей. Такая концепция создает эстетический комфорт для пассажиров и благоприятно влияет на их эмоциональное состояние.

Мобильные системы в промышленных зонах. Каждая производственная зона должна отделяться санитарно-защитной зоной от жилой. Санитарно-защитная зона должна выполнять две задачи: защищать атмосферный воздух селитебной территории от загрязнения и защищать себя от повреждений выбросами. Озеленение самой территории необходимо для поглощения производственной пыли. Применение мобильного озеленения в промышленных зданиях оправдано с точки зрения санитарных и экологических норм [5].

Озеленение крыш зданий

В зависимости от нагрузки на кровлю и от высаживаемых растений озеленение крыш подразделяют на две группы: экстенсивные (данный тип не нуждается в обслуживании) и интенсивные (требуют постоянного ухода).

Экстенсивный тип озеленения. Это самый простой способ озеленения не предполагает доступ людей и постоянного ухода, так как на кровле не высаживаются кустарники и деревья. Как правило, высаживают низкорослые, стелющиеся многолетники с компактной корневой системой. Экстенсивное озеленение применяется на крышах разных типов: плоских, двускатных (с разным углом наклона), цилиндрических и вогнутых (рис. 2). Чаще всего его применяют на крышах промышленных сооружений, хозяйственных построек и гаражей для увеличения срока службы гидроизоляции, улучшения звукоизоляции и снижения затрат на обогрев помещения. Толщина насыпного грунта составляет 6—10 см, нагрузка на крышу — от 70 кг/м². Грунт, используемый для таких кровель, представляет собой облегченный специальный, органического происхождения субстрат, в который высаживают растения, не требующие тщательного ухода [6].



Рис. 2. Пример экстенсивного типа озеленения кровли

Источник: http://blog-travushka.ru/wp-content/uploads/2015/08/1339938759_1_88.jpg

Интенсивный тип озеленения. Сады интенсивного типа разнообразнее по ассортименту из-за высаживаемой на них растительности. Внешне они напоминают обычный сад. Здесь высаживают травы, кустарники и деревья высотой до 10 м (рис. 3). К интенсивным кровельным системам озеленения предъявляются особые требования надежности: нагрузка на 1 м² должна быть от 200 до 700 кг. Кровли с интенсивным типом озеленения делают только плоскими. Сверху засыпается слой органического грунта субстрата до 0,5 м. Такой тип озеленения крыши предполагает серьезные ограничения на конструкцию здания [6].



Рис. 3. Пример интенсивного типа озеленения кровли

Источник: http://blog-travushka.ru/wp-content/uploads/2015/08/gorodskoy-sad-na-ozelenennoy-kryshe_1.jpg

Озеленение кровель способствует:

- защите крыши от проникновения уличного шума;
- защите от возможных механических повреждений и воздействия ультрафиолетового излучения, а также уменьшению запыленности;
- в зимнее время высаживаемые на крыше растения служат дополнительным теплоизолятором, что позволяет уменьшить затраты на отопление из-за медленного испарения воды с растительного слоя кровли, благодаря чему повышается влажность на территории сада. Летом температура в здании с озелененной крышей на 5—7 градусов ниже, чем в здании с обычной плоской кровлей. Это позволяет уменьшить постоянную работу кондиционера;
- создается благоприятное психологическое влияние благодаря контакту человека и природы и повышает комфортабельность жилья на верхних этажах.

На рисунке 4 схематично показана технология озеленения крыши.

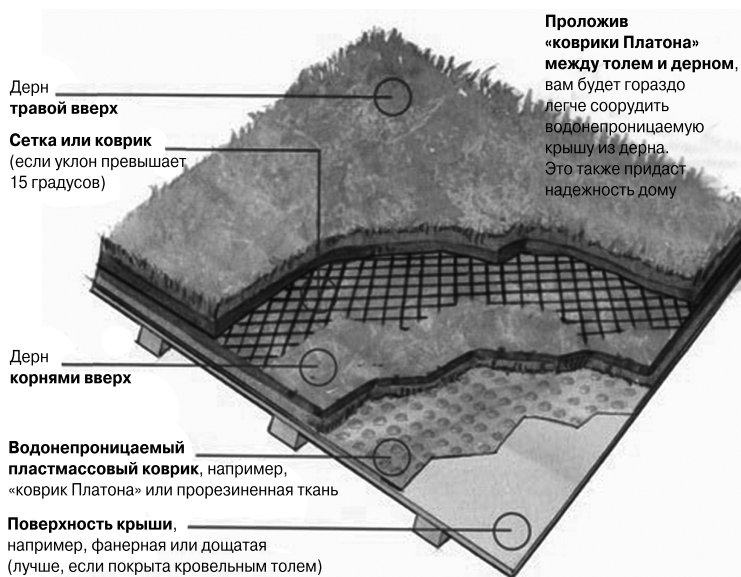


Рис. 4. Технология озеленения кровли

Источник: <http://kryshikrovli.ru/konstrukciya/drugie/ozelenenie-krovli.html>

Применение вертикального озеленения фасадов

Простым средством декорирования зданий является вертикальное озеленение фасадов. Данная технология оформления оправдана, когда есть острая нехватка мест для высадки растений на территории жилых домов или общественных зданий. Вертикальное озеленение зданий подбирается в соответствии с их функциональным назначением и внешним видом, этажностью и ориентацией здания.

Вертикальное озеленение фасадов позволяет:

- регулировать тепловой режим внутренних помещений здания и возможность создать оптимальные микроклиматические условия;
- скрыть внешние недостатки постройки;
- снизить силу ветра, уровень шума, создать тень, повысить влажность.

При оформлении растениями жилых и общественных зданий используются следующие приемы: сплошное озеленение, озеленение группой растений и озеленение одиночными растениями, озеленение с организованным формированием ветвей по заданной системе.

Сплошное озеленение применяется для маскировки малодекорированных фасадов зданий, а также глухих стен. При сплошном озеленении следует предусматривать формирование побегов вокруг окон и входов. Самые распространенные растения для сплошного озеленения — лианы.

Оформление одиночными растениями используется для лоджий и балконов. Растения поднимают по торцовым граням вверх, по простенкам и по ограждающим решеткам балконов. Используются сомкнутые и разомкнутые группы растений [8].

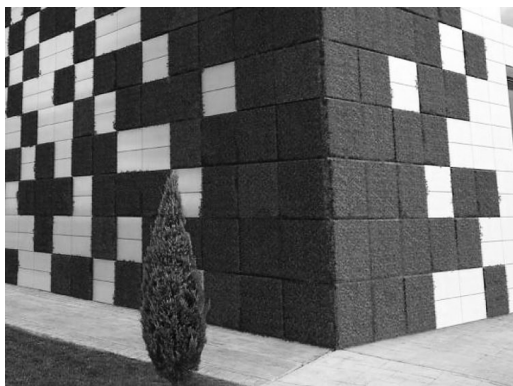


Рис. 5. Вертикальное озеленение фасада с помощью модульных вертикальных садовых панелей. «Живая стена» (архитектор Эмилио Ллобат)
Источник: <http://rdh.ru/site/interery/380--live-modular-wall-panel-vertical-garden/>

Архитектор Эмилио Ллобат является создателем и разработчиком «живой стены» (рис. 5). Размер каждой плитки «живой стены» — 1 м^2 . В этом квадрате можно посадить множество комбинаций растений. Живую стену часто устанавливают вместе с бионической плиткой, сделанной из фарфора и поглощающей солнечные лучи. Бионическая плитка фильтрует вещества, поступающие к растениям «живой стены», контролируя их нормальный рост, и впитывает вредные частицы из воздуха [9].

Экопарковки

Экопарковки широко распространены во всем мире. Главное их назначение — сохранение экологической среды, обеспечение передвижения. В месте парковки устанавливаются специальные газонные решетки, сохраняющие травяной покров, предотвращая его деформацию и уничтожение. Газонная решетка — это специальная решетка модульного типа из высокопрочного пластика, применяемого для наружного настила в месте стоянки автотранспорта. Решетка выполнена в форме ячейки и во время стоянки автомобиля несет его нагрузку, не повреждая траву. Поэтому газон может выдерживать нагрузку от 200—1200 т/м² (прочность на сжатие).

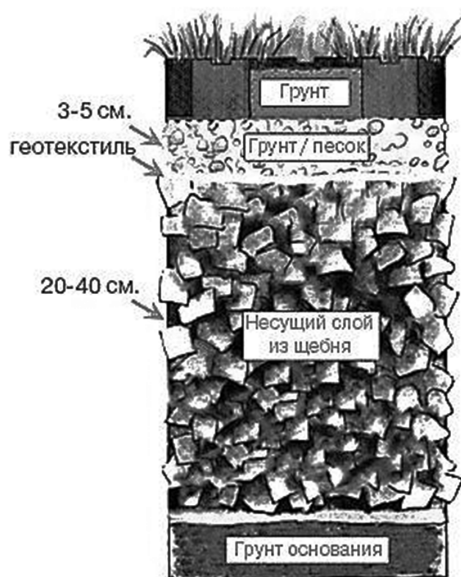


Рис. 6. Схема установки газонной решетки экопарковки
Источник: <http://tk-dessa.ru/814>

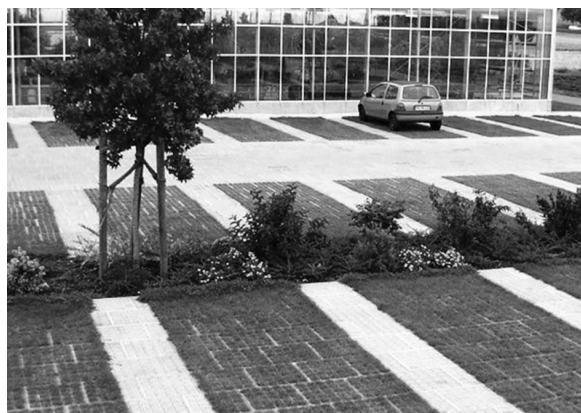


Рис. 7. Экопарковка в городской среде
Источник: http://gid-str.ru/images/gidstr/2014/07/85140319_6_644x461_ekoparkovka-i-blagoustroystvo-s-gazonnymi-reshetkami-tte-_rev002.jpg

Экопарковка состоит из трех слоев: 1) грунт; 2) песчано-гравийная подушка толщиной 200—400 мм; 3) геотекстиль, на который ложится выравнивающий слой толщиной 30—50 мм. После этого укладывается полимерная газонная решетка, последний слой — травяной покров (рис. 6) [7].

На рисунке 7 показана экопарковка в городской среде.

Зарубежный опыт решения экологической проблемы на примере опыта Сингапура

За последние 30 лет Сингапур сделал большой скачок в своем развитии: из страны третьего мира он превратился в экономический центр Азии с высоким средним уровнем жизни населения. Этот прогресс не мог не сказаться на градостроительстве и новых строительных решениях. Понятие уличного хаоса незнакомо в Сингапуре, здесь множество открытых прогулочных пространств, удобная навигация и понятная транспортная сеть с экопарковками. Архитектор Луи Тай Кер, разработавший генеральный план Сингапура, считал необходимым совмещать в городе два направления: город как эффективная машина, с одной стороны, и богатая живая среда города — с другой. Генплан Сингапура был принят в 1991 г. и составлен на сто лет вперед, хотя в городском планировании отмечены сроки в 20—30 лет. Свой подход в градостроительстве Луи Тай Кер считает эффективным для быстро развивающихся городов. Нововведения необходимо производить с учетом того, что через 20 лет город будет совсем другим, а архитектурно-планировочные решения должны оставаться актуальными. Сингапур делится на клетки города (*urban cells*). Они похожи на кусочки пазла (от англ. *Puzzle*), в каждом из которых есть полный набор социально значимых объектов. Город разделен на пять самостоятельных районов с населением по миллиону жителей в каждом, с объединенной сетью из двух кольцевых и пяти радиальных линий метро. Деловая и коммерческая активность отмечена в каждом из этих районов. Поэтому бизнес-парки и офисы не перегружают центр, а распределяются по всему городу, не сосредотачиваясь исключительно вокруг центра. В каждом из пяти региональных центров есть подцентры. По мнению Луи Тай Кера, аналогичное распределение нагрузки могло бы спасти от коллапса и перегруженности Москву. Он высказал мнение: «... правильная Москва — это три города, а не один: каждый со своим университетом, большим стадионом, деловыми центрами» [10].

В 1960-х годах население Сингапура в среднем составляло 1,9 млн человек, из них $\frac{2}{3}$ населения жили в нищих жилых районах «чайна-таун». Уже в 1985 году в городе началось скоростное жилое строительство, и от этих нищих районов ничего не осталось. В 2010 году город стал экономическим центром Азии с современными бизнес-центрами и высоким качеством социального жилья, развитой дорожной сетью и метро. Но самое главное — Сингапуру удалось избежать проблемы загрязнения города. На сегодня в городе проживает около 5 миллионов жителей и существует 30 полей для гольфа. Луи Тай Кер убежден, что они необходимы для развития деловых отношений, так как там предприниматели заключают сделки и заводят контакты [10].

Из-за высокой плотности населения в целях предотвращения загазованности от транспорта для пользования личным автомобилем необходимо приобрести десятилетний сертификат на 70 тыс. сингапурских долларов, оплатить страховку в 2 тыс. долларов в год. За каждый въезд в центр надо отдать еще 6 сингапурских долларов. При этом на одного жителя приходится не более одной машины [10].

Охрана природы и контроль экологического состояния является одной из важных задач города. Использование солнечной и ветряной энергии, контроль водных ресурсов, план озеленения были приняты одновременно с генпланом города, поэтому в центре города оставлен небольшой кусок тропических джунглей.

Пример экопарка в центре Сингапура

Характерный пример экопарка — это проект, разработанный британскими ландшафтными дизайнерами Gardens by the Bay («Сады Залива»), открытый в 2012 г. на побережье Сингапура в рамках программы улучшения экологической обстановки в городе. На территории площадью в 100 га высажен огромный парк, где собрана флора и фауна разных стран. Структурообразующими зонами экопарка являются тропический лес, искусственные деревья и цветочная оранжерея. Сад делится на три части: центральная часть сада (Bay Central Garden), сад с южной стороны бухты (Bay South Garden) и сад с восточной стороны бухты (Bay East Garden). На территории парка высажены 220 тыс. растений с разных континентов, каждая его зона соединена мостами и переходами. Доминантой проекта являются конструкции — огромные цветочные куполы, внутри которых создана обстановка вечной весны, хотя снаружи — жаркое лето. Благодаря уникальному микроклимату здесь поддерживается температура, отличающаяся от температуры улицы. Площадь «цветочного купола» составляет 1,2 га. Оранжереи оснащены системами контроля климата и обслуживаются солнечными деревьями. В одной из оранжерей поставлена паровая турбина, которая «питается» переработанными садовыми отходами. Полученная энергия поддерживает прохладу внутри здания. Чтобы в теплицах не было слишком жарко, используется стекло, которое задерживает избыток солнечного тепла, поступающего снаружи. Когда на улице повышается температура, автоматически выдвигается купол, покрытый управляемыми парусами, которые создают тень [11].

Вокруг теплиц расположен парк, состоящий из 18 «супердеревьев» (Supertrees), высотой от 25 до 50 м. Это бетонные башни в виде колосьев, по трубам которых подается вода к растениям, высаженным на них. «Супердеревья» собирают дождевую воду, участвующую в орошении и охлаждении всего парка. Солнечные батареи, которыми оснащены «Супердеревья», накапливают энергию для ночной подсветки парка. По аналогии с живыми деревьями супердеревья поглощают, затем рассеивают тепло, а купол каждого солнечного дерева дает необходимую тень [11; 12].

Стволы супердеревьев являются вертикальными садами (рис. 8). Их стальные каркасы увиты множеством тропических цветов. Супердеревья соединяются между собой с помощью мостов, с которых открывается панорама всего парка с высоты 20 м.

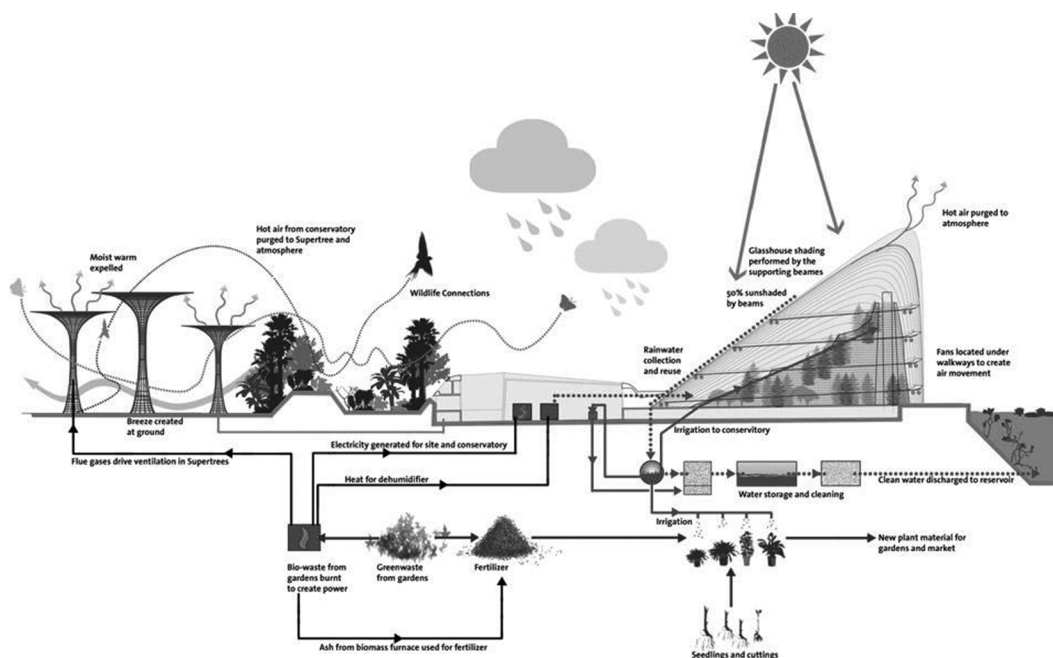


Рис. 8. Схема-разрез экопарка в Сингапуре

Источник: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/ogromnye-iskustvennye-derevja-v-sadu-gardens-by-the-bay-singapur.html>

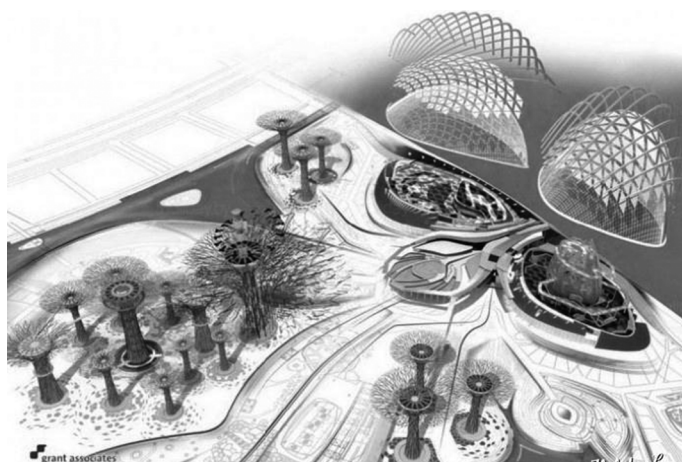


Рис. 9. Экопарк Gardens by the Bay («Сады Залива»)

Источник: http://www.idesignarch.com/wp-content/uploads/Gardens-By-The-Bay-Singapore_24.jpg

Проведенное исследование показывает, что благоустройство и улучшение окружающей среды в мегаполисе является важной задачей при проектировании новых или реконструкции старых районов города. Сегодня данная проблема становится более актуальной, чем раньше. В условиях расширения и быстрого развития городов основная задача заключается в организации экологически комфортных зон в черте города, что является важной составляющей при формировании здорового общества. Для улучшения эмоционального состояния жителей города уже

на стадии проектирования жилого, общественного или промышленного здания необходимо проектировать площади под зеленые насаждения, парки, скверы и лесопарки для прогулок жителей. Если же нет такой возможности в условиях уплотненной застройки, то внедрение мобильных систем озеленения в центре города позволит создать безболезненно взаимосвязь «человек — природа».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Роль зеленых насаждений в оздоровлении городской среды. URL: <http://helpiks.org/3-12387.html>
- [2] Общая характеристика города, как природно-технической системы. URL: <http://3ys.ru/gorod-kak-slozhnaya-prirodno-tehnogennaya-sistema/obshchaya-kharakteristika-goroda-kak-prirodno-tehnicheskoy-sistemy.html>
- [3] *Казначеев В.П.* Проблемы экологии города и экологии человека и урбоэкология // Экология. 2001.
- [4] Роль зеленых насаждений в городе. URL: <http://www.sdelaemsami.ru/landdiz09.html>
- [5] Мобильные системы озеленения. URL: <http://masterskaya.by/articles/17/mobilnye-sistemy-ozeleneniya/>
- [6] Озеленение кровли. URL: <http://domgorstroy.ru/ozelenenie-krovli>
- [7] Экопарковки. URL: <http://www.peredelka.tv/articles/area/gardening/practice/engineering/есoparkovka/>
- [8] Вертикальное озеленение фасадов. URL: <http://flowerlib.ru/books/item/f00/s00/z0000006/st003.shtml>
- [9] Модульные вертикальные садовые панели. URL: <http://www.rdh.ru/site/interery/380--live-modular-wall-panel-vertical-garden/>
- [10] Иностраный опыт: Как Сингапур стал самым комфортным городом мира. URL: <http://www.the-village.ru/village/city/foreign/174279-singapur>
- [11] «Сады у залива» в Сингапуре — лучшее сооружение 2012 года. URL: <http://www.dd-space.com/2012/12/modern-architecture-gardens-by-the-bay.html>
- [12] Огромные искусственные деревья в саду “Gardens by the Bay”, Сингапур. URL: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/ogromnye-iskustvennye-derevja-v-sadu-gardens-by-the-bay-singapur.html>

MOBILE LANDSCAPING OF BUILDINGS

V.M. Shuvalov, M.M. Saad

Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

The article considers the options of gardening in a densely built urban environment. It shows the role of green spaces, their impact on environmental parts. The main purpose is to analyze the reasons of influence of cities and human activities on the environment and solutions of this problem. The main problem, which is considered by the author: an analyze of the causes of environmental problems in the city; description of the main environmental problems of the cities; offer ways to improve the

environmental condition of the city, through the introduction of mobile landscaping systems, which is shown on the experience in solving this problem in Singapore, with the possibility of its implementation in Moscow. An example of the ecological Park in Singapore, which is built according to the program of landscaping and environmental improvements of densely built-up city.

Key words: urbanization, mobile gardening of buildings, vertical gardening of facades, ecological parking, extensive and intensive type of green roof, ecological park “Gardens by the Bay”

REFERENCES

- [1] *Rol' zelenyh nasazhdenij v ozdorovlenii gorodskoj sredy* [The role of green spaces in the urban environment]. URL: <http://helpiks.org/3-12387.html>
- [2] *Obshhaja karakteristika goroda, kak prirodno-tehnicheskoy sistemy* [General characteristic of the city, as a natural-technical systems]. URL: <http://3ys.ru/gorod-kak-slozhnaya-prirodno-tekhnogennaya-sistema/obshchaya-karakteristika-goroda-kak-prirodno-tehnicheskoy-sistemy.html>
- [3] Kaznacheev V.P. *Problemi ekologiyi goroda i cheloveka i urboecjlogiya* [Problems of ecology and human ecology and urboecology]. Ecology. 2001.
- [4] *Rol' zelenikh nasajdeniy v gorode* [The role of green spaces in the city]. URL: <http://www.sdelaemsami.ru/landdiz09.html>
- [5] *Mobil'nye sistemy ozelenenija* [Mobile landscaping systems]. URL: <http://masterskaya.by/articles/17/mobilnye-sistemy-ozelenenija/>
- [6] *Ozelenenie krovli* [Landscaping of the roof]. URL: <http://domgorstroy.ru/ozelenenie-krovli>
- [7] *Jekoparkovki* [Ecoparking]. URL: <http://www.peredelka.tv/articles/area/gardening/practice/engineering/ecoparkovka/>
- [8] *Vertikal'noe ozelenenie fasadov* [Vertical greening of facades]. URL: <http://flowerlib.ru/books/item/f00/s00/z0000006/st003.shtml>
- [9] *Modul'nye vertikal'nye sadovye paneli* [Modular vertical garden panels]. URL: <http://www.rdh.ru/site/interery/380--live-modular-wall-panel-vertical-garden/>
- [10] *Inostrannyj opyt: Kak Singapur stal samym komfortnym gorodom mira* [Foreign experience: how Singapore has become the most comfortable city in the world]. URL: <http://www.the-village.ru/village/city/foreign/174279-singapur>
- [11] «Sady u zaliva» v Singapure — luchshee sooruzhenie 2012 goda [“Gardens by the Bay” is the best building of 2012]. URL: <http://www.dd-space.com/2012/12/modern-architecture-gardens-by-the-bay.html>
- [12] *Ogromnye iskusstvennye derev'ja v sadu “Gardens by the Bay”, Singapur* [Gigantic artificial trees in “Gardens by the Bay”, Singapore]. URL: <http://www.mirkrasiv.ru/articles/ogromnye-iskustvennye-derevja-v-sadu-gardens-by-the-bay-singapur.html>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАМБУКА В СОВРЕМЕННОЙ АРХИТЕКТУРЕ КОЛУМБИИ

В.М. Шувалов, Й.М. Соланилья

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

Рассмотрены вопросы использования экологически чистого, возобновляемого природного материала — бамбука — в архитектуре и строительстве зданий и сооружений. Главная цель — показать возможность применения бамбука в современной и традиционной архитектуре. Основные задачи исследования: продемонстрировать преимущества бамбука по сравнению с другими конструктивными материалами, определить технические характеристики бамбука, рассмотреть основные архитектурно-конструктивные узлы и детали сооружений из бамбука. Дан анализ творчества архитекторов Симона Велеса и Симона Осье Сампера, использующих компьютерное конструирование в строительстве зданий и сооружений из бамбука. В статье отмечается, что современный дизайн зданий и сооружений из бамбука изменился по сравнению с традиционными представлениями о форме. Применение новейших компьютерных технологий позволило осуществить сложнейшие вычисления и дало возможность проявлять гораздо больше свободы при создании оригинальных архитектурных форм.

Ключевые слова: бамбук, современная архитектура, Симон Велес, конструктивные системы, Колумбия

Строительство из бамбука известно человечеству с давних пор. Однако и сегодня этот материал широко применяется благодаря множеству своих преимуществ. Бамбук растет в основном во влажных тропиках и субтропиках в обоих полушариях, наиболее распространен в Азии и Южной Америке (рис. 1).



Рис. 1. Ареал распространения различных видов бамбука.
Темным фоном отмечено распространение бамбука

Исследования и положительные результаты, полученные при использовании бамбука в современной архитектуре, подтвердили преимущества этого материала. Это стало возможным также благодаря практическим работам известных архитекторов и конструкторов.

В Латинской Америке для несущих конструкций широко используется вид бамбука «гуадуа». Одним из его положительных отличий является менее выраженная по сравнению с другими видами конусность.

Преимущества конструкций из бамбука: легкость; пластичность; прочность; быстровозводимость; экономичность; экологичность; быстрая возобновляемость этого природного ресурса; долговечность; при соответствующем уходе конструкции из бамбука могут прослужить более 100 лет; сейсмостойкость.

В течение трех—шести лет бамбук набирает наибольшую прочность, одревесневает и становится пригодным для использования в качестве строительного материала и достигает примерно таких размеров: высота 18—30 м, диаметр 8—18 см, толщина стенок 20—25 мм в середине и 15 мм наверху стебля, расстояние между узлами стебля 7—10 см в основании и 25—35 см в середине.

Конструктивные характеристики бамбука

Важной особенностью бамбука является **сопротивление растяжению**. Бамбук обладает продольными волокнами, которые делают его очень прочным, за это он и получил название «растительная сталь».

Имеет **трубчатое сечение**, за счет чего сопротивляется усилиям кручения.

При сжатии конструктивных элементов длиной не больше 3 м **не происходит существенной деформации** относительно оси, проходящей через его центр.

Детали из бамбука активно **сохраняют и восстанавливают геометрические размеры** даже при нарушении устойчивого состояния этих деталей.

Сопротивление усилию сдвига: существует зависимость от того, куда направлена нагрузка в узле или в сегменте между узлами и его секции: чем меньше секция, тем она устойчивее к разрезу из-за того, что бамбук обладает большим количеством внешних волокон.

Типы конструктивных узлов

Соединение с помощью болтов используется при небольших нагрузках при этом не требуется использование бетона (рис. 2, а).

Соединения с помощью болтов и стальных пластин используются для угловых соединений и свесов. Такой вид узла разработал Симон Велес. Узел состоит из осевых или продольных винтов в зависимости от работы и пластин, соединяющих бамбук (рис. 2, б).

«**Рыбий рот**» используется, когда при перпендикулярном соединении «гуадуа» стыковочная сборка может быть выполнена вручную или с помощью сверла и электродрели (рис. 2, в).

Раскосы используются для соединения балок и колонн. Если силы переведены в очень высокие уровни конструкции, то раскосы вводят конкретно в перекладину (рис. 2, г).

Фронтальное стропильное соединение. Болт обеспечивает фиксацию и снижает усилие сдвига (рис. 2, *д*).

Колонна, состоящая из четырех столбов «гуадуа». Четыре (или более) столба могут быть соединены стальными стержнями с винтами. Промежутки между столбами заполняются бетоном (рис. 2, *е*).

Шарнирное соединение колонн осуществляется вставкой в «гуадуа» стального стержня, таким образом, чтобы он находился по центру, и заполняется раствором внутри. Раствор может быть введен до и после установки стержня (рис. 2, *ж*).

Механика **соединения «гуадуа-бетон»** была разработана Симоном Велесом для комбинированной конструкции. Такое соединение используется при больших пролетах для объединения бетонных колонн с диагональными конструкциями «гуадуа». Бетонная колонна и исходящие из нее стальные стержни вставляются в бамбук и заливаются раствором в соотношении 1 : 2, чтобы их зафиксировать. На концах бамбуковых диагоналей находится пустотелый металлический наколочник, который также заполняется раствором, придавая дополнительную прочность и особое эстетическое завершение узлу (рис. 2, *з*).

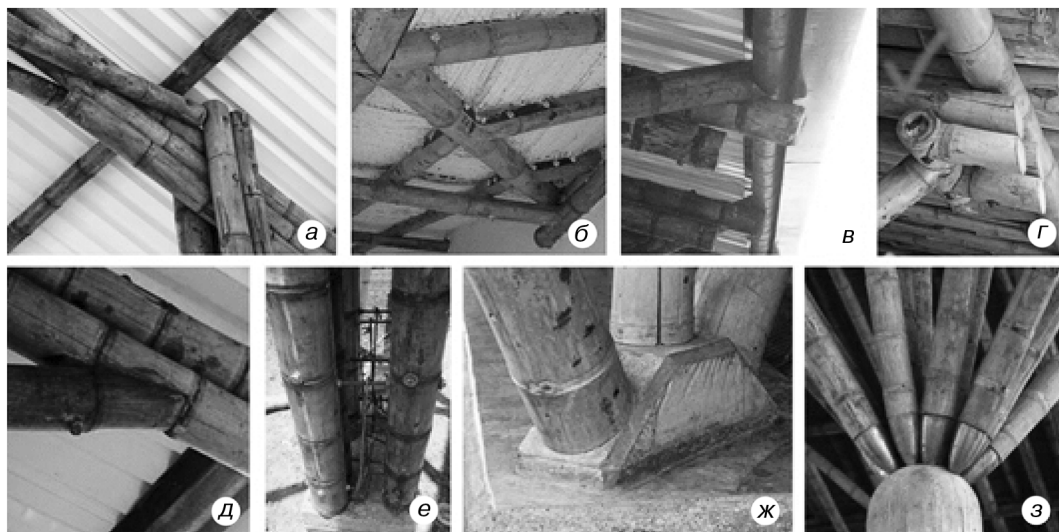


Рис. 2. Примеры конструктивных узлов: а) соединение с помощью болтов; б) соединение с помощью болтов и стальных пластин; в) «рыбий рот»; г) раскосы; д) фронтальное стропильное соединение; е) колонна, состоящая из четырех столбов «гуадуа»; ж) шарнирное соединение колонн; з) механика соединения бамбуковых диагоналей «гуадуа-бетон» для больших пролетов

При проектировании архитектор и конструктор должны гарантировать качество, безопасность, долговечность и экономичность конструкции и сооружения в целом. В пространственной конструкции используются совместно бамбук и бетон. Расчетная схема и точки приложения нагрузок к конструкциям, внутреннее сопротивление бамбука нагрузкам в конструктивных узлах и в элементах должны быть проверены и рассчитаны архитекторами с использованием технических, научных и технологических знаний о свойствах бамбука.

Долговечность конструкции из бамбука зависит от того, учитываются ли при возведении сооружений из бамбука физические и механические свойства мате-

риала. Среди основных факторов, которые необходимо учитывать, следующие физические свойства бамбука: объемный вес, влажность, возраст и качество материала. Все это является хорошим индикатором механических характеристик и тесно связано с прочностью, сжатием и многими другими показателями работы бамбука в конструкции.

Бамбук считается простым и экономически рациональным строительным материалом во многих регионах Колумбии. Поэтому он часто используется благодаря своей легкости и уникальным физическим и механическим свойствам. Необходимо уделять особое внимание правильному хранению бамбука, так как это существенно отражается на его конструктивных и механических параметрах.

Архитектор Симон Велес активно использует бамбук вида «гуадуа» при строительстве объектов в Колумбии. В течение последних двадцати лет он сумел использовать в каждом из своих строений преимущества этого материала — как в жилых, так и общественных зданиях.

Велес — один из немногих архитекторов в мире, кто рассматривает бамбук как конструктивно несущую основную часть здания в современной архитектуре.

В 2009 году Симон Велес стал лауреатом премии Prince Claus Award. Премия была учреждена в 1997 г. голландским фондом Prince Claus Fund. Этот фонд поддерживает и стимулирует развитие инновационных подходов в деле выстраивания гуманных форм взаимоотношений между цивилизацией и природой. Премия фонда ежегодно отмечает деятельность 11 архитекторов и интеллектуалов из различных социально-культурных групп стран Африки, Азии, Латинской Америки и стран Кариба [1].

Симон Велес спроектировал и построил много зданий и сооружений из бамбука по всему миру, но большую часть своих проектов он реализовал у себя на родине. В качестве наиболее характерных сооружений из бамбука, возведенных по его проектам, в современной архитектуре Колумбии можно указать следующие.

Жилой комплекс «Мерседес» в Перейре, 1985 г. Это один из первых проектов, который сделал имя Симона Велеса известным. Комплекс построен в сельской местности и относится к малоэтажной жилой архитектуре. Здесь впервые на практике Велес применил изученные им свойства бамбука и использовал его как основной и единственный материал. Он создал особый тип крепления бамбуковых конструкций с помощью болтов и бетона. Пролет здания равен 18,6 м, конструкция кровли, выполненная из бамбука, визуально расширяет пространство (рис. 3). Бамбук не случайно стал основным материалом для строительства данного жилого комплекса. Причиной тому послужили: низкая себестоимость проекта и большое количество закупленного государством для строительства бамбука.

Павильон ZERI в Манисалисе, 2000 г. Павильон является открытым пространством для выставки, имеет идеальную форму и инфраструктуру. По форме сооружение напоминает гриб, где кровля — это шляпка гриба, а вертикальные опоры — это его ножка. Пространственно павильон решен в виде многоугольника с десятью сторонами в плане, имеет два этажа. Общая площадь 2000 м². Кровля состоит из стропильных конструкций, прогонов и брусков, выполненных из бамбука, на нее уложен рулонный материал, сверху покрытый черепицей. Свесы кровли по всему периметру выполнены на 7,5 м (рис. 4).



Рис. 3. Интерьер жилого комплекса «Мерседес»



а)



б)

Рис. 4. Внешний вид павильон ZERI (а); детали колонны из бамбука (б)

Собор Девы Марии в г. Перейра, 2002 г. Ранее на этом месте располагалась церковь, которая была разрушена землетрясением. Чтобы доказать прочность и сейсмоустойчивость бамбука, Симон Велес построил здание целиком из «гуадуа».

Участок, где построен собор, расположен в центре г. Перейра. Главным при проектировании было создание запоминающегося уникального внутреннего пространства и монументальность — как главный элемент, характеризующий храмовую архитектуру. Здание храма имеет три нефа: пролет центрального шириной 14,50 м, пролет боковых 4,8 м. Общая длина храма 60 м, перекрытие пластически объединяет все элементы двухскатной криволинейной кровлей (рис. 5).

Мост «Дженни Гарсон» в Боготе, 2003 г. Мост Дженни Гарсон — это крытый пешеходный мост, расположенный в столице Колумбии г. Богота. Был построен для того, чтобы пешеходы могли перейти магистральную дорогу с большим транспортным потоком. Мост, таким образом, помог значительно снизить количество

несчастных случаев на этом переходе. Расстояние между опорами моста 45,60 м, расстояние от полотна магистрали до низа несущих конструкций моста в центральной его части около 5,80 м. Основные пролетные конструкции моста в виде пространственной фермы выполнены из бамбука, они с двух сторон опираются на эстакады. Конструкции и материал эстакад — монолитный железобетон (рис. 6).



а)



б)

Рис. 5. Интерьер собора Девы Марии (а); внешний вид собора Девы Марии (б)



а)



б)

Рис. 6. Общий вид «Дженни Гарсон» (а); фрагмент моста «Дженни Гарсон» (б)

Административное здание «Кардер» в Перейре, 2004 г. Конструктивно здание напоминает павильон ZERI. Два этажа здания объединены центральным коридором, который имеет световой фонарь в кровле. Административное здание «Кардер» прямоугольное в плане со скругленными торцами. Общие габариты по наружным стенам, включая все помещения, 87×16 м. Каркас и консольный этаж выполнены из бамбука. Каменная кладка стен между опорами выполняет только ограждающую функцию (рис. 7).



а)

б)

Рис. 7. Общий вид административного здания (а); внешний вид административного здания (б)

Симон Велес называет бамбук растительной сталью. Архитектор-новатор работает над улучшением конструктивных систем и техник, применяемых в строительстве из бамбука. Бамбук необходимо хорошо защитить от атмосферных воздействий жарко-влажного климата Колумбии. Необходимо также создавать новый дизайн экологических зданий и сооружений, возводимых из бамбука, придавая им визуальную привлекательность.

Благодаря творческим работам Симона Велеса интерес к проектированию из бамбука возникает и у молодых архитекторов. Один из них — колумбийский архитектор Симон Осье Сампер, который получил национальную премию на Архитектурном биеннале 2004 г. за проект Публичной библиотеки.

Публичная библиотека Гуанака в Каука, 2004 г. Двухэтажное здание находится на юго-западе Колумбии. Окружающий ландшафт имеет довольно крутой уклон, но участок застройки расположен в плоской части рельефа. Здание овальное в плане. Каркас поперечной рамы конструкции состоит из двух рядов колонн, которые формируют его объем. Каркас здания опирается на железобетонный фундамент. Колонны поддерживают перекрытие антресольного этажа. Двухсветное пространство, созданное автором, открывает обзор на все основные видовые точки сооружения. Здание венчает экзотичная соломенная кровля по стропилам и прогонам, выполненным из бамбуковых элементов (рис. 8).



а)

б)

Рис. 8. Интерьер публичной библиотеки (а); внешний вид публичной библиотеки (б)

Следует отметить, что в крупных сооружениях, которые мы рассмотрели, вряд ли можно было бы использовать другой материал, кроме «гуадуа». Для защиты каркаса от атмосферных воздействий необходимо проектировать кровлю с большими свесами. Эта особенность организации крыш зданий из бамбука стала важным элементом в творчестве Симона Велеса и является одним из основных факторов, влияющих на результат архитектурного проектирования объекта. Физические и конструктивные свойства бамбука настолько необычны, что этот материал идеально подходит для выполнения основных несущих элементов зданий.

На основе опыта проектирования строительных конструкций большого размера Симоном Велесом спроектированы и построены такие объекты, как павильон ZERI в Манисалисе (2000 г.), Собор Девы Марии в Перейре (2002 г.), мост «Дженни Гарсон» в Боготе (2003 г.), административное здание «Кардер» в Перейре (2004 г.). Было доказано, что бамбук вида «гуадуа» — это материал с высокими механическими свойствами, который можно применять в большепролетных конструкциях.

Работы Симона Велеса нашли свое отражение в творчестве других современных архитекторов, которые используют техники соединения конструктивных деталей, разработанные архитектором-новатором.

Опираясь на передовые инновации в науке и технике, современная архитектура из бамбука развивается. Технология создания экологически чистых сооружений с использованием бамбука как основного строительного материала является одной из самых передовых. По сравнению с традиционными бамбуковыми постройками эта технология совершила огромный шаг в области создания конструктивных элементов и существенно расширила сферу применения бамбука. Современная архитектура из бамбука создается с использованием компьютерного конструирования и заимствования принципов строительства, применяемых в строительстве из металлических деталей. Современный дизайн зданий изменился по сравнению с традиционными формами. С помощью новейших компьютерных технологий, осуществляющих сложнейшие вычисления, стало возможным проявлять гораздо больше свободы при создании проекта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Йор Майкол Соланилья Медина, Шувалов В.М.* Традиционное жилье в Колумбии — конструкция зданий из бамбука // Сб. трудов II Межрегиональной научно-практической конференции учащихся и студентов. «Профессионализм — основа успешной карьеры» 11 декабря 2015 г. М., 2015. С. 318—321.
- [2] *Йор Майкол Соланилья Медина, Шувалов В.М.* Сооружения из бамбука как отражение традиционного жилья Колумбии в творчестве архитектора Симона Велеса // Сб. тезисов Международной научно-практической конференции, профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов 4—8 апреля 2016 г. «Наука, образование и экспериментальное проектирование». Т. 2. М.: МАРХИ, 2016. С. 46—47.
- [3] *Яо Вэй.* Анализ принципов и способов современного проектирования архитектурных сооружений из бамбука // Современные проблемы науки и образования. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18197>
- [4] Журнал SALON-interior «За демаргинализацию бамбука». URL: http://www.salon.ru/news_one.plx?id=25060

- [5] *Pabellón Zeri*, ecoarquitectura en guadua, Manizales / Catedral alterna en guadua. Pereira. URL: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=251666>
- [6] *Simon Velez*. Simbolo y busqueda de lo primitivo. URL: http://www.academia.edu/8274736/SIMON_VELEZ_S%C3%ADmbolo_y_b%C3%BAsqueda_de_lo_primitivo_
- [7] Arias, Julia Baccifava, Sofía Bernardi, Marianela Lencina, María Ángeles Slingo, Andrés. Universidad nacional del rosario, monografía de análisis de autores Simon Velez. Colombia, 2011. 20 с.
- [8] La biblioteca que soñó Guanacas/Publicado en 20 agosto, 2014. URL: <https://luismino.wordpress.com/category/la-tierrita/page/2>
- [9] Pierre Frey, Deidi von Schaewen. Simon Velez architecte//la maitrese du bambou architect//mastering bamboo, Actes Sud, 2015. 256 p.
- [10] Construir con Bambú ‘Guadua angustifolia’ — Ciencia y Técnica. URL: <http://www.conbam.info/pagesES/detail.html>

THE USE OF BAMBOO IN MODERN ARCHITECTURE OF COLOMBIA

V.M. Shuvalov, Y.M. Solanilla

Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

In the article devoted to the use of environmental renewable natural material bamboo in the architecture and construction of buildings and structures. The main goal is to show architects the possibility of using bamboo in modern and traditional architecture. The main problem considered by the author: to show the advantages of bamboo compared with other structural materials defining the technical characteristics of the bamboo, to consider the basic architectural-constructional units and parts for structures made of bamboo. The author carries out an analysis of the work of architect Simon vélez and Simon Ocie Samper, which create the architecture by bamboo, with the use of computer aided design in construction. In the article notes that the modern design of the buildings and structures with bamboo has changed, in comparison with traditional notions of form. The application of new computer technologies allowed to carry out complex calculations and it was possible to exercise much more freedom in creating original forms.

Key words: bamboo, modern architecture, Simón Vélez, constructive systems, Colombia

REFERENCES

- [1] Yor Maikol Solanilla Medina, Shuvalov V.M. Tradicionnoe zhil'e v Kolumbii — konstrukcija zdaniy iz bambuka [Traditional housing in Colombia — design of a buildings from a bamboo (Collection of works II of Interregional scientific and practical conference of pupils and students. Professionalism — the Foundation of a successful career)]. 11 December, Moscow, 2015, 318—321 pp.
- [2] Yor Maikol Solanilla Medina, Shuvalov V.M. Sooruzhenija iz bambuka kak otrazhenie tradicionnogo zhil'ja Kolumbii v tvorchestve arhitekтора Simona Veleza [Constructions of bamboo as a reflection of traditional housing in Colombia work of architect Simon Vélez (MARCHI scientific conference abstracts)]. Moscow, 2016, 46—47 pp.
- [3] Analiz principov i sposobov sovremennogo proektirovaniya arhitekturnyh sooruzhenij iz bambuka [An analysis on design method and design principle of modern bamboo construction]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18197>

- [4] Zhurnal SALON-interior «Za demarginalizaciju bambuka» [For a bamboo demarginalization]. URL: http://www.salon.ru/news_one.plx?id=25060
- [5] Pabellón Zeri, ecoarquitectura en guadua [Pavilion Zeri, eco-architecture in bamboo], Manizales/ Catedral alterna en guadua [Cathedral alterna bamboo], Pereira. URL: <https://luismino.wordpress.com/category/la-tierrita/page/2>
- [6] Simon Vélez. Símbolo y búsqueda de lo primitivo [Symbol and search of the primitive]. URL: http://www.academia.edu/8274736/SIMON_VELEZ_S%C3%ADmbolo_y_b%C3%BAsqueda_de_lo_primitivo_
- [7] ARIAS, Julia BACCIFAVA, Sofía BERNARDI, Marianela LENCINA, María Ángeles SLINGO, Andrés. Universidad nacional del rosario [National university of rosario], monografía de análisis de autores simon velez [monograph analysis of authors Simon Velez]. Colombia, 2011, 20 p.
- [8] La biblioteca que soñó Guanacas [The library that Guanacas dreamed] / Publicado en 20 agosto [Published in August 20], 2014. URL: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=251666>
- [9] Pierre Frey, Deidi von schawen. Simon Velez architecte//la maitrese du bambou architect// mastering bamboo, Actes Sud, 2015. 256 p.
- [10] Construir con Bambú ‘Guadua angustifolia’ — Ciencia y Técnica [Building with Bamboo ‘Guadua angustifolia’ — Science and Technical]. URL: <http://www.conbam.info/pagesES/detail.html>

НАШИ АВТОРЫ

Абу Махади Мохаммед Ибрагим — кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и сооружений инженерного факультета Российского университета дружбы народов

E-mail: mdf.rudn@mail.ru

Агзамова И.А. — Кафедра гидрогеологии и геофизики, Горно-геологический факультет, Ташкентский государственный технический университет

E-mail: fogel_al@mail.ru

Адилов А.А. — Кафедра гидрогеологии и геофизики, Горно-геологический факультет, Ташкентский государственный технический университет

E-mail: fogel_al@mail.ru

Азанов Алексей Васильевич — аспирант, кафедры теплотехники и тепловых двигателей Российского университета дружбы народов

E-mail: amv.22.02@mail.ru

Азанов Матвей Васильевич — магистр кафедры теплотехники и тепловых двигателей Российского университета дружбы народов

E-mail: amv.22.02@mail.ru

Аль-Хабиб Ахмед Али Хусейн — магистр кафедры строительных конструкций и сооружений инженерного факультета Российского университета дружбы народов

E-mail: mdf.rudn@mail.ru

Аль-Баредда Али Яхья Сенан — аспирант кафедры Российского университета дружбы народов

E-mail: nastashevskaya1@yandex.ru

Безик Дмитрий Александрович — кандидат технических наук, доцент Брянского государственного аграрного университета

E-mail: bda20101@yandex.ru

Безик Елена Ивановна — преподаватель МБОУ-Кокинская СОШ

E-mail: Lenabezik2012@mail.ru

Воробьев Александр Егорович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела инженерного факультета Российского университета дружбы народов

E-mail: fogel_al@mail.ru

Гусейнов Руслан Мукайилович — магистрант кафедры теплотехники и тепловых двигателей Российского университета дружбы народов

E-mail: RUCYK@VK.RU

Донбаева Гулайым Чыныбековна — кандидат географических наук, доцент Таласского государственного университета (Кыргызстан)

E-mail: fogel_al@mail.ru

Коржова Ольга Анатольевна — магистр кафедры ВТ Института информационных технологий Московского технологического университета (МИРЭА)

Новиков Виктор Александрович — ассистент кафедры теплотехники и тепловых двигателей Российского университета дружбы народов

E-mail: novvik@yandex.ru

Пичужкин Андрей Олегович — бакалавр кафедры теплотехники и тепловых двигателей Российского университета дружбы народов

E-mail: amv.22.02@mail.ru

Пупков Константин Александрович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой кибернетики и мехатроники Российского университета дружбы народов

E-mail: ktk_rudn@mail.ru

Савастенко Эдуард Андреевич — аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей инженерного факультета Российского университета дружбы народов

E-mail: e.d.u.a.r.d@inbox.ru

Сташишина А.Н. — аспирант кафедры строительных конструкций и сооружений инженерного факультета Российского университета дружбы народов

E-mail: mdf.rudn@mail.ru

Соколова Татьяна Васильевна — кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и сооружений инженерного факультета Российского университета дружбы народов

E-mail: mdf.rudn@mail.ru

Халаби Салем Махмуд — кандидат технических наук, доцент кафедры Прочности материалов и конструкций РУДН, Директор Центра коллективного пользования «Научно-инновационные исследования и инженерные изыскания в строительстве и архитектуре» (ЦКП НИИСА) инженерного факультета РУДН

E-mail: mdf.rudn@mail.ru

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ ДЛЯ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК РУДН. СЕРИЯ: ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

Журнал «Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования» принимает к публикации материалы на русском и английском языках (по выбору автора), содержащие результаты оригинальных исследований, оформленные в соответствии с требованиями к оформлению рукописей статей.

Публикации в журнале подлежат только оригинальные статьи. Опубликованные материалы (как в традиционных, так и в электронных изданиях), а также материалы, представленные для публикации в другие журналы, к рассмотрению не принимаются.

Представляемая для публикации статья должна описывать результаты самостоятельного научного исследования, проведенного автором (авторами) или с участием автора. Научная новизна работы и собственный авторский вклад должны быть ясно видны из содержания статьи. Статьи, содержащие только обзор состояния какой-либо проблемы, а не собственные новые научные результаты авторов, могут приниматься при специальном согласовании с редколлегией. В этом случае обзорный характер статьи должен быть ясно оговорен в ее тексте.

СТАТЬИ ОФОРМЛЯЮТСЯ СТРОГО В СООТВЕТСТВИИ С ИЗЛОЖЕННЫМИ НИЖЕ ПРАВИЛАМИ!

СТАТЬИ, ОФОРМЛЕННЫЕ С ОТСТУПЛЕНИЕМ ОТ ЭТИХ ПРАВИЛ, ЗАДЕРЖИВАЮТСЯ С ОПУБЛИКОВАНИЕМ ДО ПОЛНОГО ИСПРАВЛЕНИЯ!

Общие требования к оформлению статей:

- текстовый редактор Word (версия 2003 г.), шрифт Times New Roman, формате А4, размер 12, интервал 1,5; поля страниц: слева, справа, снизу — по 3,5 см, сверху — 4 см;
- абзацы разделяются красной строкой, отступ — 0,5 см;
- объем до 12 стр., включая раздел ЛИТЕРАТУРА (увеличение объема возможно только после консультации с *Главным редактором серии*);
- аннотация (на русском и английском языках) — размер шрифта 10, ЛИТЕРАТУРА (назв. и список) — размер шрифта 12;
- список ключевых слов (на русском и английском языках);
- материалы предоставляются в электронном и в напечатанном виде; автор также сообщает следующие сведения: тел., e-mail, место работы, должность, ученое звание и звание;
- рукописи принимаются ответственным секретарем серии после согласования с главным редактором серии или заместителем главного редактора серии;
- для сносок, отсылающих к ЛИТЕРАТУРЕ, использовать квадратные скобки [], например [5. С. 400]; список ЛИТЕРАТУРА формируется по алфавиту (сначала источники на русском языке, затем — на английском);
- формулы создаются в виде объектов редактором формул Equation 3.0, центрируются; нумерация, если она необходима, ставится справа в скобках; выравнивание по правому краю.

Небольшие формулы можно размещать не в отдельной строке, а в тексте. После формул нужно ставить знаки препинания в соответствии с орфографией. Не рекомендуется использовать в редакторе формул русские буквы. Греческие буквы рекомендуется всегда помещать в редактор формул в ненаклонном виде. Векторы изображаются полужирным прямым шрифтом. Размеры шрифта в Equation 3.0 следует установить следующие:

Размеры	
Обычный	11 пт
Крупный индекс	9 пт
Мелкий индекс	8 пт
Крупный символ	18 пт
Мелкий символ	11 пт

$$(1+B)^2 \sum_{p=1}^{kp} n_k$$

Если эти требования не соблюдаются, то за неоднозначность прочтения формул во всех версиях издания ответственность несёт автор.

На таблицы и рисунки в тексте должны быть ссылки. Таблицы должны иметь название, а рисунки – подрисуночные подписи.

Рисунок должен быть оформлен как отдельный объект в тексте статьи, **расположение поверх текста не допускается**; рисунок отделяется от текста сверху и снизу пустой строкой. Рекомендуются использовать черно-белую палитру, качество воспроизведения рисунков цветной палитры не гарантируется. **Если рисунок имеет серый фон** (частое явление после сканирования исходных рисунков), **то редакция за качество печати таких рисунков не отвечает**. Подпись центрируется, шрифт — 10 пт (смотри ниже). Для растровых рисунков шириной на всю страницу, рекомендуемое число пикселей по горизонтали от 500 до 2000. Символы на рисунке должны быть близки по размеру к основному тексту.

Образец оформления рисунка:

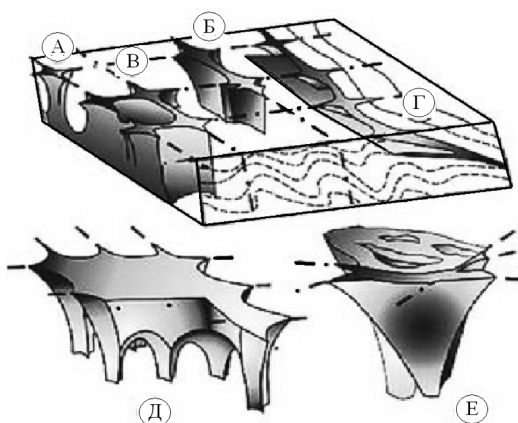


Рис. 1. Основные морфологические модели структурных ловушек и карстовых воронок в ложе россыпи (по Н.А. Шило [6]): А — одиночные воронкообразные тела; Б — линейные тела; В — сетчатые штокверки; Г — пластовые тела, локализованные вдоль надвиговых структур, межформационных контактов и границ литологически разнородных пород; Д — многокорневые структуры; Е — формы облекания тектонических трещин

В конце статьи (после раздела ЛИТЕРАТУРА) указывается на английском языке (или на русском языке, если статья на английском): название статьи; инициалы и фамилия автора; полный рабочий адрес автора, аннотация (3—4 строки) и ключевые слова.

Список литературы оформляется в соответствии с образцом, приведенном ниже. Если использованный источник имеет название на русском языке, то дополнительно выполняется транслитерация названия и всех выходных данных этого источника, заключенная в квадратные скобки. Транслитерация может быть выполнена по следующим стандартам ISO9:1995, ГОСТ 7.79-2000, ГОСТ 52535.1-2006.

Перед заголовком текст статьи должен иметь номер УДК (Универсальная десятичная классификация, появившаяся в результате дальнейшего развития "Десятичной классификации" М. Дьюи). Основные правила определения УДК можно найти на сайте <http://www.naukapro.ru/metod/htm> или другом сайте в Интернете.

Образец оформления заголовка:

УДК 550.4

ЙОДОМЕТРИЯ ПРИ ПОИСКАХ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В.В. Дьяконов, А.Е. Котельников, В.Е. Марков, Е.Е. Котельников

Кафедра МПИ
Инженерный факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198

В статье изложена теоретические предпосылки применения йодометрии при поисках эндогенных месторождений, особенности поведения йода над рудными телами. Рассмотрен пример применения комплексного литогеохимического исследования вторичных ореолов над медно-порфировым месторождением и возможности использования йодометрии для поисков хромитовых руд.

Ключевые слова: геохимия, йодометрия, поиски месторождений

IODIMETRY METHOD OF ENDOGENOUS DEPOSITS SEARCH

V.V. Diakonov, A.E. Kotelnikov, V.E. Markov, E.E. Kotelnikov

Department of Mineral Deposits, Engineering faculty
Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

The article deals with the theoretical background for the application of iodometry search of endogenous deposits, particularly the behavior of iodine above the ore bodies. Given example of an

integrated research of lithogeochemical secondary halos over the porphyry copper deposits and the possibility of using iodometry for chromite ore search.

Key words: geochemistry, iodometry, deposits search

Объем аннотации (abstract) должен быть не менее 200 (двухсот) слов.

Образец оформления списка литературы:

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дмитриевский А.Н., Волож Ю.А., Баланюк И.Е., Карякин А.Е. Автоколебательная модель формирования месторождений гигантов (на примере Астраханского месторождения) // Докл. АН РФ. Сер. «Геология». 2001. Т. 381. № 3. С. 1—3.
- [2] Бродский А.Я., Пыхалов В.В., Тинакин О.В., Токман А.К., Комаров А.Ю. Развитие разрывных нарушений и зон очаговой трещиноватости и их влияние на распределение ФЕС отложений Астраханского свода // Газовая промышленность. 2010. № 5. С. 22—25.
- [3] Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин / под ред. Г.А. Зотова, З.С. Алиева. М.: Недра, 1980. 301 с.

REFERENCES

- [1] Dmitrievskij A.N., Volozh Ju.A., Balanjuk I.E., Karjakin A.E. Self-oscillating model of the oramation of deposits giants (on the example of the Astrakhan Deposit) // Reports AS RF. Ser. «Geology». 2001. T. 381. № 3. P. 1—3. [Dmitrievskij A.N., Volozh Ju.A., Balanjuk I.E., Karjakin A.E. Avtokolebatel'naja model' formirovanija mestorozhdenij gigantov (na primere Astrahanskogo mestorozhdenija) // Dokl. AN RF. Ser. «Geologija». 2001. T. 381. № 3. S. 1—3.]
- [2] Brodskij A.Ja., Pyhalov V.V., Tinakin O.V., Tokman A.K., Komarov A.Ju. The development of faults and fracture zones of focal and their impact on the distribution of FES deposits of the Astrakhan arch // Gas industry. 2010. № 5. P. 22—25. [Brodskij A.Ja., Pyhalov V.V., Tinakin O.V., Tokman A.K., Komarov A.Ju. Razvitie razryvnyh narushenij i zon ochagovoj treshhinovatosti i ih vlijanie na raspredelenie FES otlozhenij Astrahanskogo svoda // Gazovaja promyshlennost'. 2010. № 5. S. 22—25.]
- [3] Instruction on complex research of gas and gas condensate formations and wells // Edited G.A. Zotov, Z.S. Aliev. M.: Nedra, 1980. 301 p. [Instrukcija po kompleksnomu issledovaniju gazovyh i gazokondensatnyh plastov i skvazhin // Pod red. G.A. Zotova, Z.S. Alieva. M.: Nedra, 1980. 301 s.]

Научный журнал

ВЕСТНИК
Российского университета
дружбы народов

Серия:
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2016, № 2

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61174 от 30.03.2015 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»
(ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198)

Редактор *И.В. Успенская*
Компьютерная верстка: *О.Г. Горюнова*

Адрес редакции:
Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, д. 3, Москва, Россия, 115419
Тел.: (495) 955-07-16; e-mail: ipk@pfur.ru

Адрес редакционной коллегии
серии «Инженерные исследования»:
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419
Тел.: (495) 955-07-92
E-mail: engjournalrudn@pfur.ru

Подписано в печать 24.06.2016. Выход в свет 07.07.2016. Формат 70×100/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «NewtonС».
Усл. печ. л. 10,80. Тираж 500 экз. Заказ № 428

Цена свободная.

Типография ИПК РУДН
ул. Орджоникидзе, д. 3, Москва, Россия, 115419, тел. (495) 952-04-41

Scientific journal

BULLETIN
of Peoples' Friendship
University of Russia

Series:
ENGINEERING RESEARCHES

2016, № 2

Editor *I.V. Uspenskaya*
Computer design: *O.G. Gorunova*

Address of the editorial board:
Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419
Ph. +7 (495) 955-07-16; e-mail: ipk@pfur.ru

Address of the editorial board
Series «Engineering researches»:
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419
Tel.: + (495) 955-07-92
E-mail: engjournalrudn@pfur.ru

Printing run 500 copies

Open price.

Address of PFUR publishing house
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419
Ph. +7 (495) 952 0441

ф. СП-1

ФГУП «ПОЧТА РОССИИ»

АБОНЕМЕНТ на журнал

18230

(индекс издания)

ВЕСТНИК РУДН
Серия «Инженерные
исследования»

Количество
комплектов:

на 2016 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА

на журнал

18230

(индекс издания)

ПВ	место	литер

ВЕСТНИК РУДН

Серия «Инженерные исследования»

Стои- мость	подписки	_____ руб. ____ коп.	Количество комплектов:	
	переадресовки	_____ руб. ____ коп.		

на 2016 год по месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Куда

(почтовый индекс)

(адрес)

Кому

(фамилия, инициалы)