

3

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДАННЫХ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

## MODELLING AND DATA ANALYSIS

SCIENTIFIC JOURNAL

2022

ISSN: 2219-3758

ISSN: 2311-9454 (ONLINE)

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДАННЫХ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**2022 • Том. 12 • № 3**

# **MODELLING AND DATA ANALYSIS**

SCIENTIFIC JOURNAL

**2022 • Vol. 12 • № 3**



Московский государственный  
психолого-педагогический университет  
Moscow State University  
of Psychology & Education

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Главный редактор** – Л.С. Куравский

**Заместители главного редактора** – С.Д. Кулик, А.В. Пантелеев

**Члены редакционной коллегии** – К.К. Абгарян, Г.Г. Амосов, М.В. Воронов, Е.Л. Григоренко (США), В.К. Захаров, А.И. Кибзун, Л.М. Либкин (Великобритания), В.Р. Милов, А.В. Наумов, Д.Л. Ревизников, Х. Холлинг (Германия), Д. Фрэнсис (США), К.В. Хорошенко (Великобритания), Г.А. Юрьев

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Председатель редакционного совета** – Г.Г. Амосов

**Члены редакционного совета** – В.А. Барабанщиков, П. Бентлер (США), А.В. Горбатов, Л.С. Куравский, Л.М. Либкин (Великобритания), А.А. Марголис, В.В. Рубцов, Д.В. Ушаков, Д. Фрэнсис (США)

**Ответственный секретарь** – Н.Е. Юрьева

Издаётся с 2011 года

Учредитель

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный психолого-педагогический университет»

Адрес редколлегии:

г. Москва, ул. Сретенка, 29, факультет информационных технологий  
Тел.: +7 (499) 167-66-74  
E-mail: mad.mgppu@gmail.com

Журнал зарегистрирован в Государственном комитете РФ по печати.

Свидетельство о регистрации средств массовой информации

ПИ № ФС77-52058 от 7 декабря 2012 года

**ISSN: 2219-3758**

**ISSN: 2311-9454 (online)**

© **ФГБОУ ВО «Московский государственный психолого-педагогический университет», 2022.**  
Все права защищены. Любая часть этого издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения редакционной коллегии. Правила оформления рукописей, направляемых в редакцию журнала, высылаются по запросу по электронной почте.



## СОДЕРЖАНИЕ



### **АНАЛИЗ ДАННЫХ**

---

*Петров А.Е.*

Тензорная сетевая модель системы логистики ..... 22

*Одинцова М.А., Радчикова Н.П., Александрова Л.А.*

Адаптация методики самоактивации личности  
для лиц с инвалидностью и без инвалидности разного возраста ..... 25

### **КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ**

---

*Юрьев Г.А., Куравский Л.С., Юрьева Н.Е.*

Об опыте разработки мобильного  
комплекса для регистрации электрической  
активности головного мозга на базе технологии сухих электродов ..... 40

*Левонovich Н.И.*

О методе распознавания голосовых команд  
с применением особого преобразования спектральных плотностей ..... 49

### **МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ**

---

*Куланин Е.Д., Степанов М.Е.*

Из опыта работы в режиме дистанционного обучения ..... 58

*Лукин В.Н., Федотова Л.Н.*

Дистанционное образование, круг второй ..... 71





## Tensor Network Model of Logistics System

**Andrey E. Petrov\***

National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS)

Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9417-7194>

e-mail: [Helen\\_pet@mail.ru](mailto:Helen_pet@mail.ru)

The goal is to create a network model of logistics that ensures the distribution of product flows from producers to consumers in conditions of growing volumes of information, changing economic ties. To create a model, a tensor method of calculating processes is used when changing the structure of network models of technical and economic systems, including decomposition and calculation in parts. The network is considered as a tensor, the projections of which are various connections of branches. The coordinates in the network space are closed and open paths. When changing the network structure, a new solution is obtained using a path transformation matrix. As a result, for the first time, a network model of logistics was created with branches of producers, consumers (determine the basis of open paths) and routes (determine the basis of closed paths). The resistances of the branches set the tariffs for the storage and transportation of products.

The product flows of producers and consumers are set by voltage sources that create part of the distribution of flows along routes. To supplement up to full product flows, voltage sources are introduced in the branches of the routes, which give additional currents. For routes in excess of the number of open paths, the values of the complement currents should be selected.

The sum of currents from all sources gives the values of product flows from suppliers to consumers, solving the logistics task.

The network model is used to calculate product flows along routes without iterations, the cost of transportation, as well as to transform the solution when routes, tariffs, supply and demand change, using algorithms of the tensor method of dual networks.

**Keywords:** network model, tensor method, path transformation matrices, duality invariant, logistics system, transportation of products, network model of logistics system.

### For citation:

Petrov A.E. Tensor Network Model of Logistics System. *Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis*, 2022. Vol. 12, no. 3, pp. 5–24. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120301> (In Engl., abstr. in Russ.).

\***Andrey E. Petrov**, Professor of Department of Computer aided design and engineering design, Ph.D &D.Sc., Professor, National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Department of Computer aided design and engineering design, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9417-7194>, e-mail: [Helen\\_pet@mail.ru](mailto:Helen_pet@mail.ru)



## 1. INTRODUCTION

The task of logistics is to transport product flows along routes that connect producers and consumers. Routes are characterized by the cost of transportation (tariffs), length and throughput. The logistics system creates networks for the movement of product flows in the conditions of growing volumes of information, changes in technologies, routes, tariffs, supply and demand. Calculating the distribution of product flows in logistics systems, as well as their changes, requires performing large amounts of calculations that are necessary for supply chain management.

The purpose of the study is to create a network model of logistics that ensures the distribution of product flows from producers to consumers, allows you to use ready-made solutions to obtain new solutions in conditions of change.

The distribution of product flows is an important logistics task, to which many studies are devoted. In a linear programming transport problem, products are transported along routes or stored in warehouses. The cost of transportation and storage in warehouses of goods is set by a combined matrix. It is necessary to determine the routes that provide transportation in the shortest time, or at the lowest cost. It is assumed that the sum of supplies is equal to the sum of demand.

Various methods of solving the transport problem are known. For example, the north-west angle method, the Vogel approximation method, the differential rent method, the potential method, which use variants of the simplex method. First, the flows are distributed between the destinations and receive a reference plan. In subsequent iterations, the optimal plan is determined by improving the current reference plan. These methods use iterations and do not provide a transition from existing solutions to solutions of the problem for new conditions, for example, route changes. The well-known Ford-Fulkerson algorithm of iterative search for the maximum flow in the transport network converges for entire throughput capacities, but even for them it can work for a very long time.

The topological model in the form of an equivalent electrical circuit for the transport problem was developed by G. Kron [1]. The model is designed to solve the linear programming problem in parts, and optimize the cost of transportation. The model turned out to be difficult to apply. G. Kron believed that the simplex method is simpler and more efficient, but the physical interpretation of the network model will allow the calculation to be applied in parts.

The purpose of this study is to create a network model that distributes product flows in two calculation stages without iterations and provides a solution change when routes, tariffs, supply and demand change.

It was possible to establish analogies and represent the flows of products in the logistics system by currents in the electrical circuit; where tariffs are set by resistances, and voltages give the cost of transportation. The solution has the properties of optimality, since the electrical circuit, connecting the processes and structure by the laws of Ohm and Kirchhoff, obeys the principle of least action.

For practice, it is important that the network model allows you to apply the tensor method of calculating networks when changing the structure, including decomposition and calcula-



tion by parts of complex logistics systems. The tensor method of dual networks [2] provides calculation without iterations due to the duality invariant found by the author. This method is relevant for the decomposition and application of parallel computing in conditions of growing volumes of information in logistics and supply chain management systems.

## 2. LITERATURE REVIEW

Works on the distribution and transportation of product flows in the logistics system is being carried out in the direction of analyzing the growing volumes of information and applying logistics methods in other subject areas.

The first network model of the transport problem in the form of an electric circuit was developed, as noted, by G. Kron [1]. There are six types of quantities in the circuit: impedances and conductivities, contour voltage sources and response currents, nodal current sources and voltage responses. There are three types of values in the transport system: the quantity of goods, the cost of transportation and the cost of storage. Although Kron believed that tariffs should represent impedances, however, he then believed these values to be equal to units. In this case, the current and voltage in each branch are numerically equal. The costs of transportation and storage of product flows at the inlet and outlet were considered by Kron as voltage sources.

Kron presented the objective function for route selection as minimizing power, however, the voltage refers to the circuit network, and the current refers to the node network. The network model implements the simplex method of linear programming problems, which allows you to solve the problem in parts. Input and output streams are considered as current sources. The product flows correspond to the sum of nodal and contour currents, which remain constant in each branch. Changes in the connection of branches change the number of closed and open paths, while nodal and contour currents change.

Tensor network analysis is used to analyze transport systems in a number of works for engineering and economic analysis [5], optimization of the airline network [12], engineering calculations [13], damage analysis [14], and traffic flows [15, 16, 18]. Discrete tensor analysis is used for modeling on railway transport [20], for calculating a tensor network model based on the simplex Danzig method [22]; as well as in a traffic distribution model in a multi-level info communication network [25]. The search for balance in large transport networks using direct-dual accelerated methods and tensor optimization methods with auxiliary one-dimensional optimization is presented in [23–24]. The model of functional and structural reliability of the supply chain in logistics and supply chain management is considered in [26].

In this study, a tensor method of calculating processes when changing the structure of network models of technical and economic systems is used to create a model. The generalized system is considered as a tensor, the projections of which are systems of various subject areas. The Diacopectics [1, 10, 13] presents network models of Maxwell, Schrodinger equations, nuclear reactor, building structures, electric machines, turbine blades, etc.





The tensor method of dual networks [2, 3, 4] was the development of Kron's work based on the duality invariant (the law of conservation of energy flow) [6, 8]. The author created network models of intersectoral balance [2, 3], banks [3], security systems of oil refining facilities [21], placement of gas detectors for fire detection [27], shaft ventilation, etc.

The network model of the logistics system [18, 19] was the development of the tensor method application in a new subject area.

### 3. TENSOR METHOD OF NETWORK CALCULATION

To create a network model of the logistics system, the tensor method of dual networks developed by the author is used [3, 6, 8, 9]. The network consists of branches connected by a structure of links. The network is considered as a tensor, the projections of which into coordinate systems are various structures, branch connection schemes.

The coordinates in the network space are closed and open paths that make up orthogonal subspaces. A path is a line running along the branches, may or may not coincide with them in the direction. Paths may vary in the composition of the elements through which they pass, in orientation, and may close or open. Changing the structure of the system consists in changing the boundaries, connecting or disconnecting elements, for example, branches of the network. At the same time, the number of basic closed and open paths changes, which changes the dimension of their space, the path transformation matrices become rectangular; that is, they do not have inverses.

In a dual network, closed paths correspond to open paths, and vice versa, and connections correspond to disconnections, and vice versa. The sum of the dimensions of the spaces of basic closed and open paths in two networks is constant. The duality invariant is expressed by the constancy of the sum of metric tensors of two dual networks when the structure changes. This makes it possible to use networks to model systems of different subject areas. The duality invariant corresponds to the constancy of the sum of powers in two electric circuits with a dual structure when the connection of branches changes. This is how the law of conservation of energy flow manifests itself.

The simplest coordinate system is a network of separate branches, in which paths pass through their branches. Processes take place in the network as responses to the applied influences. The transition to a connected contour network is carried out using a path transformation matrix  $C$ , consisting of a submatrix of the transformation of closed paths  ${}^m C$  and a submatrix of the transformation of open paths  ${}^j C$ . The transition to a connected node network is carried out by a matrix of transformation of paths of mutual basis  $A = C^{-1}$ ; consisting of a submatrix of transformation of closed paths  ${}^m A$  and a submatrix of transformation of open paths  ${}^j A$ .

In a dual network, the matrices  $C$  и  $A$  are swapped [2, 3, 8, 9].

An abstract network is clearly represented by an electrical circuit in which the processes are described by Ohm's law,  $e_a = Z_{ab} i^b$ , both in the simplest network and in a connected



network. The structure is described by Kirchhoff's laws: the sum of the currents in the nodes is equal to zero and the sum of the voltages in the contour is equal to zero.

The voltage sources in branches,  $e_0$  are internal influences. Responses, currents arise in branches, the basis is closed paths, contours. The calculation is carried out as a transformation of the solution of the simplest network into a solution of a connected contour network using the path transformation matrix  ${}^m C$  [3, 4].

$$i_c = {}^m C_t i^{\setminus} = {}^m C_t ({}^m C Z {}^m C_t)^{-1} {}^m C e_0 = Y_c e_0 \quad (1)$$

where  $i_c$  is the measurable currents in the branches of the network,  $i^{\setminus}$  is the currents in the contours of the basis,  $e_0$  is the specified voltage sources,  $Z$  is the impedance matrix of the simplest network,  $Y_c$  is the solution matrix, the metric tensor of the connected contour network. The voltages in the branches are obtained by multiplying the matrix  $Z$  by the currents in the branches:  $e_c = Z i_c$ .

External influences, current sources, are located outside the circuit and act through the input and output nodes. Responses, voltages, arise on branches, open paths are the basis. The transformation matrix of the paths of the mutual basis  $A = C^{-1}_t$ , its calculation is carried out as a transformation of the solution of the simplest network into a solution of a connected node network using the matrix of transformation of open paths  ${}^j A$  [3, 4].

$$E_c = {}^j A_t E^{\setminus} = {}^j A_t ({}^j A Y {}^j A)^{-1} {}^j A I^0 = Z_c I^0 \quad (2)$$

where  $E_c$  are measurable voltages on the branches of the network,  $E^{\setminus}$  are voltages, as a potential difference, arise on the open paths of the basis,  $I^0$  are given current sources,  $Y = Z^{-1}$  is the conductivity matrix of the simplest network,  $Z_c$  is the solution matrix, the metric tensor of the connected node network. The values of the currents in the branches are obtained by multiplying the conductivities by the voltages on the branches:  $I^c = Y E_c$ .

Due to the orthogonality of the matrices  $C$  и  $A$ ,  $A = C^{-1}_t$ , the currents and voltages in the contour and node networks do not depend on each other. This makes it possible to use networks to simulate systems in which different types of energy operate. For example, mechanical and thermal energy flows, as in oil refining plants [21].

When moving from free closed branches with metric  $Z$  or open branches with metric  $Y = (Z)^{-1}$  to a connected network, the duality invariant has the form:

$$\underline{Z}_c Y + Z \underline{Y}_c = I \quad (3)$$

For a dual network (the values are underlined), the duality invariant has the form:

$$\underline{Z} \underline{Y}_c + \underline{Z}_c \underline{Y} = I, \quad (4)$$

where  $I$  is the unit matrix. Similar relations exist between the metric tensors of contour and node dual networks [2, 3].

#### *Method of creating a network model of a logistics system*

The method of creating a network model of a complex system is part of the tensor method of dual networks. To create a model, it is necessary to establish analogies between the logistics system and the network, network topology based on the analysis of a simple model, to represent product flows by currents in the network. Then the cost of transportation will be represented by the voltages on the branches of the routes. The model can be used



to calculate the network when the structure changes, including the calculation of complex systems in parts [3, 10].

Consider a simple logistics system and the flows in it. There is one supplier, two consumers, two routes in this system and it is shown in Figure 1 on the left. The product flow from the manufacturer of 100 units is delivered via two routes to two consumers receiving 70 and 30 units of the product, respectively. The flows along the routes are equal to the needs of consumers, so their distribution is unambiguous.

The analysis of analogies of the logistics system and the network was carried out in [19], where it was shown that for a simple logistics system presented in Figure 1a, the network model presented in Figure 1b is the most adequate.

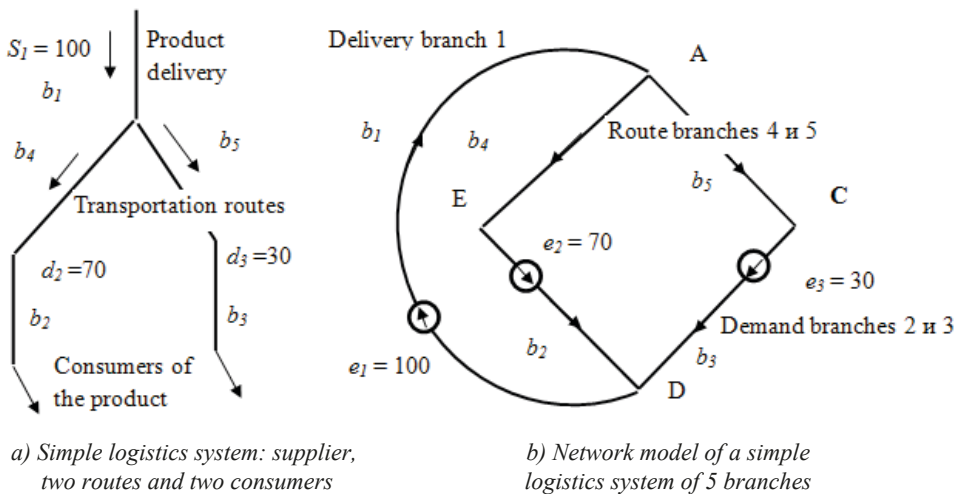


Fig. 1. A simple logistics transport system and its 5-branch network model.

The structure of the network model differs from the structure of the logistics system. Since it is assumed that there is an equality of the sum of supplies and the sum of consumption, the input of production and the output of consumption can be considered as “grounding” and link them in one node  $D$ .

As a result, two closed paths, contours, which are not present in the logistics system, appear in the network model. It turned out that such a network structure makes it possible to adequately represent product flows in the logistics system. In the network model of the impact, the supply of suppliers and the demand of consumers are represented by voltage sources that are located in the input and output branches.

Suppliers, consumers and the routes connecting them are represented by branches of the network through which product flows, represented by contour currents, pass. Tariffs for storage and transportation of products set the resistance of branches. The specified flows of manufacturers (suppliers) and consumer demand flows are represented by voltage sources  $e_0$ . Let the resistances of the branches of suppliers and consumers be equal to units. Then from the equation  $e_0 = Z i^0$  we get that in a network of separate branches the currents



$i^0 = Z^{-1} e_0$  in the input and output branches are equal to the supply of suppliers and the demand of consumers, and the currents in the branches of routes are zero.

According to the topology of the logistics network, the branches of producers and consumers determine the basis of open paths. The route branches will determine the basis of closed paths in the network. Calculation by formula (1) of the connected circuit network with voltage sources  $e^l_0$  gives currents in the branches of  $i^l_c$ , representing, although not completely, the distribution of product flows along the routes. Voltage sources  $e^l_0$  consist of  $e^l_{10}$  – product offerings in supplier branches and  $e^l_{20}$  – product offerings in consumer branches. This solution can be considered as a reference plan, and written as:

$$i^l_c = Y_c e_0 = {}^m C_t ({}^m C Z {}^m C_t)^{-1} {}^m C e^l_0, \quad (5)$$

where  $i^l_c$  consists of  $i^l_{1c}$  in the entry branches,  $i^l_{2c}$  in the exit branches and  $i^l_{3c}$  in the route branches.

The received currents differ from the set values of supply for  $i^2_{1c} = i^0_1 - i^l_{1c}$  and demand for  $i^2_{2c} = i^0_2 - i^l_{2c}$ .

To supplement up to full product flows, voltage sources are introduced in the branches of the routes defining the basic circuits. These sources should give such currents in the input branches  $i^2_{1c}$  and currents in the output branches  $i^2_{2c}$ , so that they supplement the currents  $i^l_c$  to the set values of the flows of suppliers and consumers. Then the currents  $i^1_{3c} + i^2_{3c}$  will correspond to the product flows in the routes.

The currents in the input and output branches should be equal to the current difference in the simplest and connected network  $i^2_c = i^0 - i^l_c$ , they are created by new voltage sources in routes branches  $e^2_3$ . Additional currents  $i^2_{3c}$  in the branches of routes are obtained according to Kirchhoff's law for nodes, route boundaries. Formally, the balance of currents in these nodes is given by the incident matrix  $M^l_0$ , connecting nodes and branches, on the basis of which we obtain a system of equations:

$$M^l_0 i^l_c = 0. \quad (6)$$

Solving this system of equations, we obtain complement currents only for those routes whose number is equal to the number of basic open paths without unity, i.e.  $j - 1$ . For branches of routes representing  $m$  basic circuits in excess of this number, i.e. for  $m - j + 1$ , the values of the new currents must be set.

The freedom to choose a part of the supplement currents allows you to optimize the choice of routes according to different criteria; assign flows along the selected routes due to certain preferences.

So, the product flows from suppliers, represented by the sum of currents  $i^1_{1c} + i^2_{1c}$ , are distributed along the routes  $i^1_{3c} + i^2_{3c}$ , and arrive at consumers in the right amount  $i^1_{2c} + i^2_{2c}$ , solving the logistics problem. The same problem of the need to introduce additional sources to represent product flows arose during the development of a network model of intersectoral balance [2, 3, 7]. The problem there was solved by using threads in a dual contour network.

The tensor method of network models allows you to calculate flows when the structure changes, including decomposition and calculation in parts of complex networks using efficient algorithms.

The product of the tariffs represented by the resistance of the branches on the product flow gives the cost of transportation along this path, and the sum of all the paths determines the total cost of transportation. By changing the distribution of flows along the paths with the most favorable cost, it is possible to reduce the cost of transportation of goods.

*Results of calculation of the network model of the logistics system and discussion*

Figure 2 shows an example of a network model of a logistics system, the structure of which is similar to that shown in Figure 1. The network includes two suppliers represented by branches 1 and 2, three consumers – branches 3, 4, 5, which are connected by six routes represented by branches 6 to 11. The resistances of the branches set tariffs, the cost of transporting a unit of product. The calculation is carried out in two stages.

1. Let's define product flows from suppliers in branch 1–300 units, and in branch 2–200 units; consumer demand in branch 3 is 100 units, 4–350, and 5–50 units. Supply and demand are represented in the diagram by voltage sources  $e_{i0}$ .

$$e'_{i0} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 \\ \hline 300 & 200 & 100 & 350 & 50 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \quad (7)$$

Six branches of the routes do not yet have sources of impact. The entry and exit branches define open basic paths, the route branches define closed basic paths. Network topology: branches  $n = 11$ , nodes  $J = 6$ , subnets  $s = 1$ , open basic paths  $j = J - s = 6 - 1 = 5$ , closed basic paths  $m = n - j = 11 - 5 = 6$ .

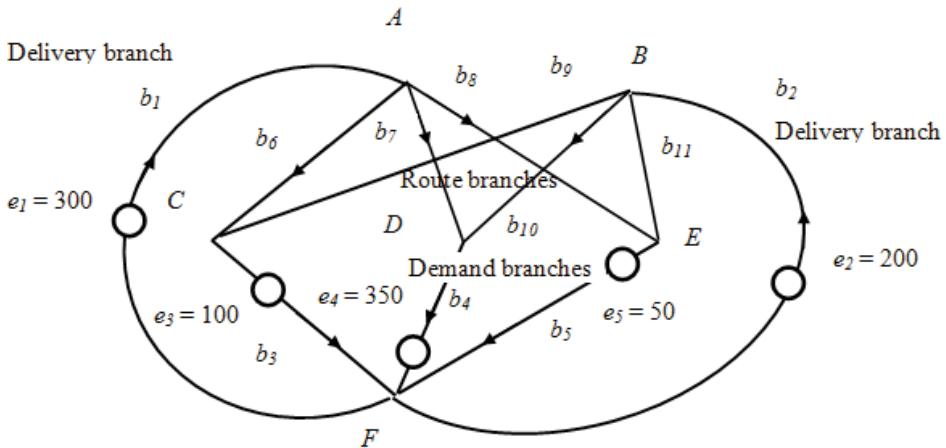


Fig. 2. Network model of a transport system consisting of 11 branches for two suppliers and three consumers.

The transformation matrix describes the structure of transportation of products. The transformation matrix from network paths from individual branches to paths in a connected network, in which the rows indicate the choice of paths, has the form:



$$C = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} \\ \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} \\ \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \\ \text{ } \end{matrix} \begin{matrix} \\ \\ \\ \text{ }^j C \\ \\ \\ \text{ }^m C \\ \\ \\ \end{matrix} \quad (8)$$

The entry and exit branches define open paths. These are the first five rows that make up the  ${}^j C$  matrix. The route branches define closed paths – the last six lines, they make up the  ${}^m C$  matrix. Using the  ${}^m C$  matrix, we obtain by formula (1) the matrix of the solution of the contour network  $Y_c$ .

Let the resistance of the branches be equal to units. Next, we will consider resistances as tariffs for calculating the cost of transportation and storage of products. Then the metric matrix of the basic contours of the connected network has the form:  ${}^m C {}^m C_t = z^{\prime} =$

$$z^{\prime} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{3,0} & \boxed{1,0} & \boxed{1,0} & \boxed{1,0} & \boxed{0,0} & \boxed{0,0} \\ \boxed{1,0} & \boxed{3,0} & \boxed{1,0} & \boxed{0,0} & \boxed{1,0} & \boxed{0,0} \\ \boxed{1,0} & \boxed{1,0} & \boxed{3,0} & \boxed{0,0} & \boxed{0,0} & \boxed{1,0} \\ \boxed{1,0} & \boxed{0,0} & \boxed{0,0} & \boxed{3,0} & \boxed{1,0} & \boxed{1,0} \\ \boxed{0,0} & \boxed{1,0} & \boxed{0,0} & \boxed{1,0} & \boxed{3,0} & \boxed{1,0} \\ \boxed{0,0} & \boxed{0,0} & \boxed{1,0} & \boxed{1,0} & \boxed{1,0} & \boxed{3,0} \end{matrix} \quad (9)$$

By inverting the resulting matrix  $z^{\prime}$ , and multiplying it on the left by  ${}^m C_t$ , and on the right by  ${}^m C$ , we get the solution matrix  $Y_c = {}^m C_t (z^{\prime})^{-1} {}^m C =$

$$Y_c = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \end{matrix} & \begin{matrix} \boxed{0,625} & \boxed{-0,125} & \boxed{0,167} & \boxed{0,167} & \boxed{0,167} & \boxed{0,208} & \boxed{0,208} & \boxed{0,208} & \boxed{-0,042} & \boxed{-0,042} & \boxed{-0,042} \\ \boxed{-0,125} & \boxed{0,625} & \boxed{0,167} & \boxed{0,167} & \boxed{0,167} & \boxed{-0,042} & \boxed{-0,042} & \boxed{-0,042} & \boxed{0,208} & \boxed{0,208} & \boxed{0,208} \\ \boxed{0,167} & \boxed{0,167} & \boxed{0,556} & \boxed{-0,111} & \boxed{-0,111} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,056} \\ \boxed{0,167} & \boxed{0,167} & \boxed{-0,111} & \boxed{0,556} & \boxed{-0,111} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,056} \\ \boxed{0,167} & \boxed{0,167} & \boxed{-0,111} & \boxed{-0,111} & \boxed{0,556} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,278} \\ \boxed{0,208} & \boxed{-0,042} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,514} & \boxed{-0,153} & \boxed{-0,153} & \boxed{-0,236} & \boxed{0,097} & \boxed{0,097} \\ \boxed{0,208} & \boxed{-0,042} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,153} & \boxed{0,514} & \boxed{-0,153} & \boxed{0,097} & \boxed{-0,236} & \boxed{0,097} \\ \boxed{0,208} & \boxed{-0,042} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,153} & \boxed{-0,153} & \boxed{0,514} & \boxed{0,097} & \boxed{0,097} & \boxed{-0,236} \\ \boxed{-0,042} & \boxed{0,208} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,236} & \boxed{0,097} & \boxed{0,097} & \boxed{0,514} & \boxed{-0,153} & \boxed{-0,153} \\ \boxed{-0,042} & \boxed{0,208} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,278} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,097} & \boxed{-0,236} & \boxed{0,097} & \boxed{-0,153} & \boxed{0,514} & \boxed{-0,153} \\ \boxed{-0,042} & \boxed{0,208} & \boxed{-0,056} & \boxed{-0,056} & \boxed{0,278} & \boxed{0,097} & \boxed{0,097} & \boxed{-0,236} & \boxed{-0,153} & \boxed{-0,153} & \boxed{0,514} \end{matrix} \quad (10)$$

Multiply this matrix of the solution by the impact vector given by supply and demand, and represented by voltage sources  $e^l_{\theta}$  in vector (7), as a result we get responses, currents in the branches of the contour network  ${}^m i_c^l$  at the first stage.



$m^i_c =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	245,83	170,83	94,44	261,11	61,11	59,72	143,06	43,06	34,72	118,06	18,06

Since the resistances are equal to units, the resulting currents in the branches are numerically equal to the voltages on the branches  $m^i_c = m^e_{lc}$ . These are currents that should be analogous to product flows in the logistics network. However, the received response currents to impacts in the input and output branches (warehouses) do not fully correspond to the flows of products that should move from the input to the output.

The results of the calculation of the contour network model at the first stage (currents numerically equal to voltages) are shown in Figure 3.

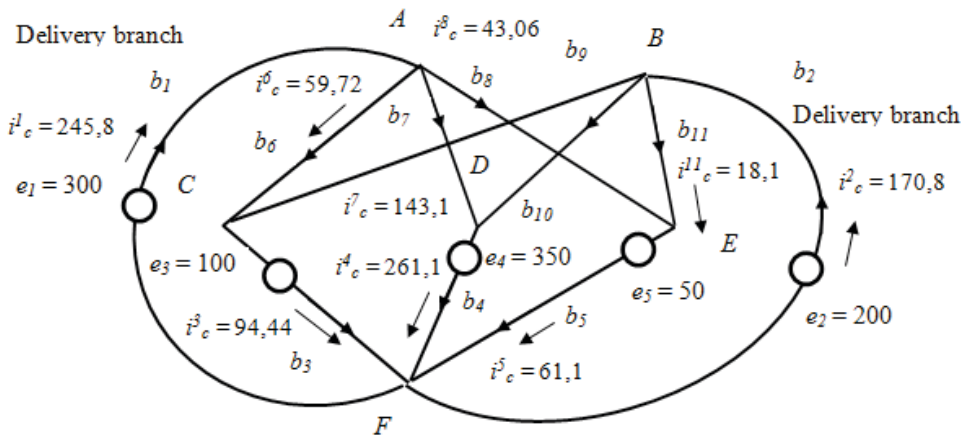


Fig. 3 Results of calculation of the network model of the logistics system at the first stage.

- In the network model, the input and output branches define open paths. The basis of closed paths, they are defined by branches of routes, gives independent currents that can be used to construct product flows in a logistics system. It is necessary to find such voltage sources in the branches of the routes, the responses to which will complement the currents obtained at the first stage to the values of the product flows.

Let's denote the number of producer branches  $n_1$ , the number of consumer branches  $n_2$ , and the number of route branches  $n_3$ . The total number of branches  $n$  in the network is  $n = n_1 + n_2 + n_3$ . There are two nodes in each separate branch. In the network, branches are connected by nodes. Let suppliers be connected to consumers through a grounding node. This means that all manufactured products are delivered to consumers. Then the number of nodes  $J$  is equal to the sum of the producer and consumer branches plus one  $J = n_1 + n_2 + 1$ . If the route branches have not been added yet, then there are only open paths in the network so far. The number of basic open paths  $j$  is equal to

$$j = J - s = J - 1 = n_1 + n_2 + 1 - 1 = n_1 + n_2, \quad (11)$$

where  $s$  is the number of subnets. Thus, the basis of open paths consists of input and output branches. The branches of routes that connect the outputs of producers with the



inputs of consumers add contours, since the number of nodes does not change. Thus, the branches of routes determine the basis of closed paths, the dimension of which is  $m = n_3$ . Voltage sources in the branches of routes create additional currents in the network. In sum with the currents obtained at the first stage, they will give values numerically equal to the product flows in the logistics network. First of all, the currents from the sources in the route branches should complement the currents in the input and output branches to the specified supply and demand flows.

The dimension  $m$  of the closed path basis may differ from the dimension of the open path basis  $j$ . If each input is connected to one output, then the number of routes  $m$  will be equal to the greater of the numbers  $n_1$  or  $n_2$ . If all inputs are connected to all outputs, then the number of routes will be equal to  $m = n_1 n_2$ . This is more than the dimension of the basis of open paths  $j = n_1 + n_2$ . Then some contours, their number  $m - j$ , should be assigned values. Thus, there is freedom to choose the volume of transportation on some routes, which allows you to optimize, for example, the cost of transportation in this network.

Let's consider the differences between the currents in the individual branches of the network, and those obtained as a result of the calculation of the contour network at the first stage. They correspond to the currents in the node network due to the duality invariant. However, to build product flows, only current differences in the simplest and contour network  $i_c^2 = i_c^0 - i_c^1$  in the input and output branches are needed.

Branches	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Currents											
In a simple network	300	200	100	350	50	0	0	0	0	0	0
In the contour network	245,83	170,83	94,44	261,11	61,11	59,72	143,06	43,06	34,72	118,06	18,06
Differences	54,17	29,17	5,56	88,89	-11,11	-59,72	-143,06	-43,06	-34,72	-118,06	-18,06

(12)

The currents in the branches at the second stage of the calculation,  $i_c^2$ , are indicated by the branch numbers, for example,  $i_{1c}^2 = 54,17$ . The  $i_c^2$  currents in the input and output branches are given, i.e. 1–5, which are obtained as differences in the table. The task is to find new sources, the responses to which will complement the currents in the branches at the input and output to the values of real supply and demand flows. Then, in the branches of the routes, the total currents will give the distribution of the flows of transportation of products from suppliers to consumers. In this case, additional currents in routes, in branches 6, 7, 8, 9, 10 and 11 are unknown. These branches, by virtue of the choice of paths, determine the basis of the circuits in the network structure, and the currents in them are equal to the contour currents.

Additional currents in the branches of routes are obtained from the system of equations (6), where the balance of currents in the nodes according to Kirchhoff's law is expressed in terms of the matrix of incidents,  $M_0^T i_c^2 = 0$ . This system of equations connects unknown currents in the branches of routes (circuits) and found currents in the branches of open paths. For  $m - j + 1$  currents in the branches of routes, it is necessary to set values, since the current balance equations in the nodes are not enough.





Thus, unknown currents in routes  $i_{3c}^2$ , in this case, in branches 6–11, can be obtained from the condition of current balance in network nodes A, B, C, D, E and F according to Kirchhoff's law. The incident matrix,  $M_0^1$ , for this network has the following form.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	1					-1	-1	-1			
B		1							-1	-1	-1
C			-1			1			1		
D				-1			1			1	
E					-1			1			1
F	-1	-1	1	1	1						

$$\begin{aligned}
 i_{1c}^2 &= 54,17 \\
 i_{2c}^2 &= 29,17 \\
 i_{3c}^2 &= 5,56 \\
 i_{4c}^2 &= 88,89 \\
 i_{5c}^2 &= -11,11
 \end{aligned} \quad (13)$$

Here, on the right, the known currents of the difference in the open paths are given. Multiplying the matrix of incidents by the vector of difference currents, we obtain the following balance equations at the nodes.

Node A:  $i_{1c}^2 = i_{6c}^2 + i_{7c}^2 + i_{8c}^2 = 54,17$ .

Node B:  $i_{2c}^2 = i_{8c}^2 + i_{10c}^2 + i_{11c}^2 = 29,17$ .

Node C:  $i_{3c}^2 = i_{6c}^2 + i_{9c}^2 = 5,56$ . (14)

Node D:  $i_{4c}^2 = i_{7c}^2 + i_{10c}^2 = 88,89$ .

Node E:  $i_{5c}^2 = i_{8c}^2 + i_{11c}^2 = -11,11$ .

Node F:  $i_{1c}^2 + i_{2c}^2 - i_{3c}^2 - i_{4c}^2 - i_{5c}^2 = 0$ .

(12)

In the grounding node  $F$ , the balance of the currents of the input and output branches is given. Thus, this node does not participate in the calculation of new currents in the routes. This means that it is necessary to choose values for  $m - j + 1$  currents in the branches of the circuits. In this network of contours  $m = 6$ , open paths  $j = 5$ , therefore  $m - j + 1 = 6 - 5 + 1 = 2$ . It is necessary to set the values of two free currents.

For example, we will set the currents  $i_{10c}^2 = 10$ , and  $i_{11c}^2 = 15$ . Solving the balance equations in the nodes, we get the remaining currents in the circuits  $i_2^2$ :  $i_{6c}^2 = 1,39$ ,  $i_{7c}^2 = 78,89$ ,  $i_{8c}^2 = -26,11$ ,  $i_{9c}^2 = 4,17$ . Multiplying the transformation matrix by the vector of currents in the circuits, we get additional currents in all branches of the network  $i_c^2 = {}^m C_i i_2^2 =$

	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1
3	1	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	1	0
5	0	0	1	0	0	1
6	1	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0
9	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	0	1

$$\begin{aligned}
 & * \begin{matrix} 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1,39 \\ 78,89 \\ -26,11 \\ 4,17 \\ 10,0 \\ 15,0 \end{bmatrix} = \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \end{matrix} \begin{bmatrix} 54,17 \\ 29,17 \\ 5,56 \\ 88,89 \\ -11,11 \\ 1,39 \\ 78,89 \\ -26,11 \\ 4,17 \\ 10,00 \\ 15,00 \end{bmatrix} \quad (15)
 \end{aligned}$$



The sum of the voltages in the branches of the routes represents the total cost of transporting products. The voltages in the branches of the routes in this case are numerically equal to the values of the contour currents, since they chose that the resistances are equal to units. The values of the voltage sources in the circuits, the basic closed paths, are obtained by the formula, where  $Z'$  is given in (9):  $e'_2 = ({}^m C Z {}^m C_t) i'_2 = Z' i'_2 =$

6	3,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0		6	1,39	6	61,12	
7	1,0	3,0	1,0	0,0	1,0	0,0		7	78,89	7	221,95	
8	1,0	1,0	3,0	0,0	0,0	1,0	*	8	-26,11	8	16,95	(16)
9	1,0	0,0	0,0	3,0	1,0	1,0		9	4,17	9	38,90	
10	0,0	1,0	0,0	1,0	3,0	1,0		10	10,0	10	128,06	
11	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	3,0		11	15,0	11	33,06	

The sum of the voltage sources located in the branches of the routes is 500.

Figure 4 shows the values of the currents in the branches, which are obtained at the second stage of the calculation, and the voltage sources that create them in the branches of the routes.

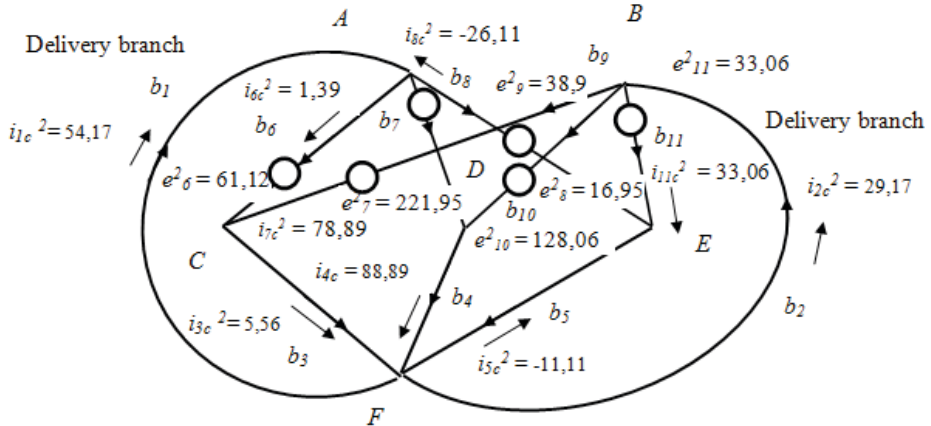


Fig. 4 Results of calculation of the network model of the logistics system at the second stage of the transport system.

The sum of the currents  $i_c$ , received in the circuit network at the first stage,  $i_c^l$ , and the currents received at the second stage,  $i_c^2$  is equal to:

	$i_c^l$		$i_c^2$		$i_c^l + i_c^2$	Sum
1	245,83	1	54,17	1	300,00	
2	170,83	2	29,17	2	200,00	500
3	94,44	3	5,56	3	100,00	
4	261,11	4	88,89	4	350,00	
5	61,11	5	-11,11	5	50,00	500
6	59,72	6	1,39	6	61,11	
7	143,06	7	78,89	7	221,95	
8	43,06	8	-26,11	8	16,95	
9	34,72	9	4,17	9	38,89	
10	118,06	10	<b>10,00</b>	10	128,06	
11	18,06	11	<b>15,00</b>	11	33,06	500,01



It is shown on the right that the sum of currents in the input and output nodes is 500, which corresponds to the specified flow of supply and demand, which are distributed along the branches of the routes. The sum of flows along the routes is equal to the sum of flows at the input and the sum of flows at the output, namely, is equal to 500, taking into account rounding, i.e. all product flows are delivered.

Figure 5 shows the values of the currents in the branches, which represent the sum of the currents obtained by two stages of calculation (17). Voltage sources are not shown.

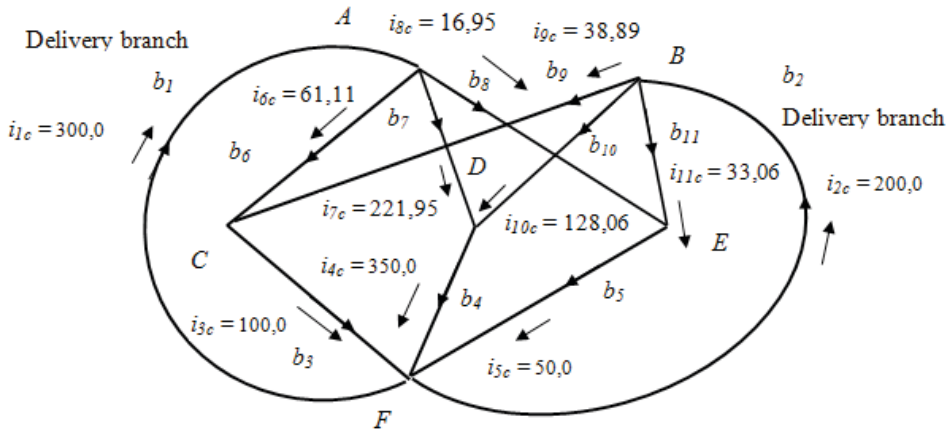


Fig. 5 Product flows in logistics system routes as the sum of currents received during two stages of network model calculation.

At the same time, other options are possible, setting requirements for certain routes. For example, let's assign currents in the other two branches of the routes  $i_{6c}^2 = 20$ ,  $i_{7c}^2 = 30$ . The following results are obtained:

Branches	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$i_c^1$	245,83	170,83	94,44	261,11	61,11	59,72	143,06	43,06	34,72	118,06	18,06
$i_c^2$	54,17	29,17	5,56	88,89	-11,11	<b>20,00</b>	<b>30,00</b>	4,17	-14,44	58,89	-15,28
$i_c^1 + i_c^2$	300,00	200,00	100,00	350,00	50,00	79,72	173,06	47,23	20,28	176,95	2,78

At the first stage, the results are the same, but the sum of currents representing the distribution of product flows along the routes turned out to be different. The choice of values of free currents is limited by the fact that the product flows must be non-negative. However, negative values can be interpreted as the need to return products that have already been delivered in order to meet the assigned requirements.

The sum of flows along the routes is also equal to the sum of flows at the input and output, i.e., equal to 500, taking into account rounding, i.e. all product flows are delivered. The network model allows the decomposition and calculation by parts of complex systems using algorithms developed in the tensor method of dual networks.

The network model provides the calculation of the cost of transportation. By analogy, we will assume that tariffs are represented by branch resistances. Then the voltages on the



branches represent the cost of transporting the flow of products along this route. The sum of the voltages (costs) on all routes gives the total cost of transporting products.

As an example, we will assign tariffs as resistances in the branches of routes, which for brevity we will represent as a vector, although in reality this is the main diagonal of the resistance matrix. The voltages on the branches will be obtained by the formula  $e^l_c + e^2_c = Z(i^l_c + i^2_c)$ .

Branches	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Z	1	1	1	1	1	2	3	4	5	2	3
$i^l_c$	185,1	141,5	81,8	195,9	48,9	66,5	89,6	29,0	15,3	106,3	19,9
$i^2_c$	114,9	58,5	18,2	154,1	1,1	-15,3	139,1	-8,7	33,5	15,0	10,0
$i^l_c + i^2_c$	300,0	200,0	100,0	350,0	50,0	51,2	228,7	20,3	48,8	121,3	29,9
$e^l_c + e^2_c$	300,0	200,0	100,0	350,0	50,0	102,3	686,1	81,3	244,2	242,6	89,6

The sum of the voltages in the branches of routes 6 to 11 is equal to 1446,14; this is the total cost of transporting products at the specified supply, demand, and tariffs. For comparison, let's consider another option for setting tariffs with the Z matrix, the main diagonal of which is represented by a string.

Branches	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Z	1	1	1	1	1	6	4	2	3	2	2
$i^l_c$	163,1	151,2	59,4	183,5	71,4	29,6	75,8	57,7	29,8	107,7	13,7
$i^2_c$	136,9	48,8	40,6	166,5	-21,4	16,8	151,5	-31,4	23,8	15,0	10,0
$i^l_c + i^2_c$	300,0	200,0	100,0	350,0	50,0	46,4	227,3	26,3	53,6	122,7	23,7
$e^l_c + e^2_c$	300,0	200,0	100,0	350,0	50,0	278,2	909,4	52,6	160,9	245,3	47,4

The sum of the voltages in the branches of routes 6 to 11 is 1693,76; this is the total cost of transporting products when setting new tariffs. The change (redistribution) of tariffs led to a different distribution of flows along routes and the total cost of transporting products.

## 4. CONCLUSION

The created network model of the logistics system based on the tensor method of dual networks provides the calculation of product flows along routes from suppliers to consumers in two stages without iterations, as well as the calculation of the cost of transportation in accordance with tariffs. To analyze the options, you can select the parameters of supply and demand, fare values, route schemes, etc.

A certain limitation of the logistics network model is the need to specify at the second stage of the calculation the values of currents in some branches of routes, the number of which is equal to the difference between the dimension of the closed path basis and the open path basis. The model provides the calculation of the transportation plan when new requirements arise for the volume of transportation along certain routes using path transformation matrices. Variations in the route structure and supply and demand parameters need to be used to optimize the transportation plan, which requires further research.

The further direction of research will be the application of decomposition and calculation by parts of complex logistics systems, calculation of flows when changing the structure



of routes using algorithms of the tensor method of dual networks, analysis of the behavior of the system when changing the tariffs for storing products.

### References

1. Kron G. Diakoptics – the piecewise solution of large-scale systems. MacDonald, London, 1965.
2. Petrov A.E. Tensornaya metodologiya v teorii system [Tensor methodology in the theory of systems]. – M.: Radio i Sviaz = M.: Radio and Communications, 1985. – 152 p. (In Russ.).
3. Petrov A.E. Tensornyi method dvoystvennyh setei. [Tensor method of dual networks]. Moscow: Cetus LLC. [http://устойчивоеразвитие.пф/files/monographs/Petrov\\_Tenzorny\\_method.pdf](http://устойчивоеразвитие.пф/files/monographs/Petrov_Tenzorny_method.pdf) – 2009. – 496 p. (In Russ.).
4. Petrov A.E. Logistica v SAPR [Logistics in CAD]. Part 1. Logistica proizvodstva [Production logistics]: educational and methodical manual Moscow: МГТУ, 2012. – 92 p. <http://window.edu.ru/resource/548/79548> <https://www.twirpx.com/file/1193744/> – 2012. Part 2. Informatsionnaya Logistica [Information logistics]: educational and methodical manual Moscow: MGGU. – 112 p. <https://window.edu.ru/resource/549/79549>–2013. (In Russ.).
5. Obraztsova R.I., Kuznetsov P.G., Pshenichnikov S.B. Inzhenerno-ekonomicheskiy analys transportnykh sistem. Metodologiya proektirovaniya avtomatizirovannoy systemy upravleniya. [Engineering and economic analysis of transport systems. Methodology of designing an automated control system] / Под. Ред. К.В. Фролова.- 2-е изд. Стереотип. – М.: Radio and Communications, 1996. – 192 p.: илл. – ISBN 5–256–01342–4. (In Russ.).
6. Petrov A.E. Zakon sohraneniya mochnosti v dvoystvennykh tenzornykh setyakh G. Krona – A. Petrova (v prostranstve, vremeni i structure). [The law of conservation of power in dual tensor networks of G.Kron – A.Petrov (in space, time and structure)]. Electronic scientific publication “Sustainable Innovative development: Design and management”, ISSN 2075–1427. volume 15 No. 1 (42), 2019, art. 1. – pp. 1–39. <http://www.rypravlenie.ru/?p=3356>. (In Russ.).
7. Petrov A.E. Network methods of production planning: educational and methodical manual. Moscow: MGSU. [https://window.edu.ru/resource/545/79545/files/Petrov\\_methods.pdf](https://window.edu.ru/resource/545/79545/files/Petrov_methods.pdf). – 2010. – 144 p. (In Russ.).
8. A.E. Petrov. Tensor Method and Dual Networks in Electrical Engineering. ISSN 1068–3712, Russian Electrical Engineering, 2008, Vol. 79, No. 12, pp. 645–654. © Allerton Press, Inc., 2008. ISSN 1068–3712, <https://pdfslide.net/documents/tensor-method-and-dual-networks-in-electrical-engineering.html>. Original Russian Text © A.E. Petrov, 2008, published in Elektrotehnika, 2008, No. 12, pp. 2–12.
9. Petrov A.E. The duality of networks for computer-aided design systems with variable structure. Mining Informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). Reports of the XXIII International Scientific symposium «Miner’s week – 2015» Collection of scientific tr. Publishing House of NUST MISIS. ISBN 987–5–87623–891–7. – 2015.
10. Petrov A.E. Tensornyi metod dvoystvennykh setey dly rascheta slozhnykh system po chastyam. [Tensor method of dual networks for calculating complex systems in parts]. – UDC: 338.26.015: 658.5, Moscow: Publishing House “Mountain Book”. pp. 168–192. Moscow: MGSU, Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and Technical journal), 2017. (In Russ.).
11. Bolshakov B.E., Petrov A.E. Algorithms of Multidimensional Space and Time Values Interrelation in the System of LT Dimension Coordinates by B. Brown, R.O. Bartini, P.G. Kuznetsov. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Pakistan, 2017, 12: pp. 6620–6627. DOI: 10.36478/jeasci.2017.6620.6627. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2017.6620.6627>
12. Korolkova M.A. Optimizatsiya seti avialyniy na osnove tenzornoj metodologiyi. Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences, St. Petersburg, 2003. (In Russ.).
13. Sokhor, Yu.N. Tensorniy analys setey i diakoptika v inzhernykh radchetakh. / Yu.N. Sokhor. – M.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 200 p. (In Russ.).



14. Voronov P.L. Features of the application of transformation matrices and coupling equations in the analysis of asymmetric damages. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*. 2018, vol. 18, no. 1, pp. 27–37. (In Russ.).
15. Lyamets, Y.Ya. Equivalence of multi-wire systems with short circuits and breaks of part of the wires / Yu.Ya. Lyamets, D.G. Eremeev, G.S. Nudelman // *Electricity*. – 2003. – No. 11. – pp. 17–27. (In Russ.).
16. Shvetsov V.I. Mathematical modeling of transport flows//*Automation and Telemechanics*, 2003, Vol. 11, P. 3–46. (In Russ.).
17. Cascetta. *Transportation Systems Analysis. Models and Applications*. Springer, 2009.
18. Petrov A.E. Diacoptics of the structure of transport networks – XVI All-Russian Scientific Conference “Neurocomputers and their application”. Abstracts of reports M.: MGPPU – 2018 – pp. 315–317. ISBN 978–5–94051–136 6. [https://it.mgppu.ru/upload/iblock/b35/HKII%20XVI%20%20тезисы.indd%20\(1\).pdf](https://it.mgppu.ru/upload/iblock/b35/HKII%20XVI%20%20тезисы.indd%20(1).pdf). (In Russ.).
19. Petrov A.E. Network model of logistics system // Online scientific publication «Sustainable innovative development: design and management». 2021. Vol. 17, issue 3 (52). – pp. 1–20. URL: <http://www.rypravlenie.ru/?p=3792>. (In Russ.).
20. Bogdanova L.V. Discrete tensor analysis in railway transport. In the collection: *Proceedings of the international scientific and practical conference “Prospects for the development and efficiency of the functioning of the transport complex of the South of Russia”*. In 3 parts. Rostov State University of Railway Transport. 2015. pp. 81–83. (In Russ.).
21. A.E. Petrov, A.V. Fedorov, A.V. Kochegarov, E.N. Lomaev, A.P. Preobrazhenskiy. The Analysis of Network Models for the Design of Industrial and Fire Safety Systems for Oil Refineries. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 808 (2021) 012024, IOP Publishing doi:10.1088/1755–1315/808/1/012024.
22. Litvinov K.A., Pasechnikov I.I. Algoritm rascheta tenzornoy modeli seti na osnove simpleksnogo metoda dantsiga. [Algorithm for calculating the tensor model of the network based on the simplex Danzig method]. *Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences*. 2013. Vol. 18. No. 6–2. pp. 3370–3375. <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-rascheta-tenzornoy-modeli-seti-na-osnove-simpleksnogo-metoda-dantsiga>. URL OF THE RSCI: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21106190>. (In Russ.).
23. Kamzolov Dmitry. Near-Optimal Hyperfast Second-Order Method for Convex Optimization. MOTOR 2020 Communications in Computer and Information Science (CCIS) 1275 proceedings, pp. 1–12, 2020. [https://doi.org/10.1007/978–3–030–58657–7\\_15](https://doi.org/10.1007/978–3–030–58657–7_15).
24. Dmitry Kamzolov, Alexander Gasnikov and Pavel Dvurechensky. On the Optimal Combination of Tensor Optimization Methods. OPTIMA-2020 proceedings in *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*. Springer. Volume number 12422.
25. Zaitsev E.I., Bochkarev A.A. Model funkcionalnoy i strukturnoy nadezhnosti cepi postavok. [Model of functional and structural reliability of the supply chain]. // *Logistics and Supply Chain Management: Modern Trends in Germany and Russia: tez. dokl. IV German-Russian Conference on Logistics and Supply chain management (May 6–9, 2009)*. Göttingen: Cuviller Verlag, 2009. pp. 187–195. (In Russ.).
26. Morozov A.V., Ponomarev D.Y. Model raspredelenia raffica v mnogourovnevoy infocommunicacionnoyseti specialnogo naznachenia. [Traffic distribution model in a multi-level info communication network of special purpose]. *Modeling, optimization and information technology*. 2021. vol. 9. No. 1 (32). pp. 11–12. (In Russ.).
27. Luk'yanchenko A.A., Petrov A.E., Fedorov A.V., Denisov A.N. Method of Rational Location of Gas Detectors For Early Fire Detection Based On Gas Control Technology. *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, JARDCS, USA*, Vol. 12, Issue-06, 2020. Pp. 1293–1306. DOI:10.5373/JARDCS/V12I2/S20201321.. <https://jardcs.org/archivesview.php?volume=3&issue=36&page=6>.



## Тензорная сетевая модель системы логистики

**Петров А.Е.\***

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»), г. Москва, Российская Федерация

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9417-7194>

e-mail: [Helen\\_pet@mail.ru](mailto:Helen_pet@mail.ru)

Целью является создание сетевой модели логистики, обеспечивающей распределение товарных потоков от производителей к потребителям в условиях растущих объемов информации, изменения экономических связей. Для создания модели применяется тензорный метод расчета процессов при изменении структуры сетевых моделей технических и экономических систем, включая декомпозицию и расчет по частям. Сеть рассматривается как тензор, проекциями которого являются различные соединения ветвей. Координатами в сетевом пространстве являются замкнутые и открытые пути. При изменении структуры сети новое решение получается с помощью матрицы преобразования путей. В результате создана сетевая модель логистики, в которой ветви производителей и потребителей определяют базис разомкнутых путей, а ветви маршрутов определяют базис замкнутых путей. Сопротивления ветвей задают тарифы хранения и перевозки продуктов.

Потоки продуктов производителей и потребителей заданы источниками напряжения, которые создают часть распределения потоков по маршрутам. Чтобы дополнить потоки продуктов до полных, в ветви маршрутов вводятся источники напряжения, которые дают дополнительные токи. Для маршрутов сверх числа разомкнутых путей, значения токов дополнения следует выбрать. Сумма токов от всех источников дает значения потоков продуктов от поставщиков к потребителям, решая задачу логистики.

Сетевая модель применяется для расчета без итераций потоков продуктов по маршрутам, стоимости перевозки, а также преобразования решения при изменении маршрутов, тарифов, спроса и предложения, с помощью алгоритмов тензорного метода двойственных сетей.

**Ключевые слова:** сетевая модель, тензорный метод, матрицы преобразования путей, инвариант двойственности, система логистики, транспортировка продуктов.

**Для цитаты:**

*Петров А.Е.* Тензорная сетевая модель системы логистики // Моделирование и анализ данных. 2022. Том 12. № 3. С. 5–24. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120301>

**\*Петров Андрей Евгеньевич**, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированного проектирования и дизайна ФГБОУ высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9417-7194>, e-mail: [Helen\\_pet@mail.ru](mailto:Helen_pet@mail.ru)





### Литература

1. Крон Г. Исследование сложных систем по частям (диакоптика). М.: Наука, 1972. – 544 с.
2. Петров А.Е. Тензорная методология в теории систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 152 с.
3. Петров А.Е. Тензорный метод двойственных сетей. М.: ООО ЦИТиП. [http://устойчивое-развитие.рф/files/monographs/Petrov\\_Tenzorny\\_method.pdf](http://устойчивое-развитие.рф/files/monographs/Petrov_Tenzorny_method.pdf) – 2009. – 496 с.
4. Петров А.Е. Логистика в САПР. Часть 1. Логистика производства: учебно-методическое пособие М.: МГГУ, 2012. – 92 с. <http://window.edu.ru/resource/548/79548> <http://www.twirpx.com/file/1193744/> – 2012. Часть 2. Информационная логистика: учебно-методическое пособие М.: МГГУ. – 112 с. <http://window.edu.ru/resource/549/79549>–2013.
5. Образцова Р.И., Кузнецов П.Г., Пиеничников С.Б. Инженерно-экономический анализ транспортных систем. Методология проектирования автоматизированной системы управления / Под. Ред. К.В. Фролова. – 2-е изд. Стереотип. – М.: Радио и связь, 1996. – 192 с. илл. – ISBN 5–256–01342–4.
6. Петров А.Е. Закон сохранения мощности в двойственных тензорных сетях Г.Крона – А. Петрова (в пространстве, времени и структуре). Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление», ISSN 2075–1427. том 15 № 1 (42), 2019, ст. 1. – с. 1–39. <http://www.ruypravlenie.ru/?p=3356>.
7. Петров А.Е. Сетевые методы планирования производства: учебно-методическое пособие. М.: МГГУ. [http://window.edu.ru/resource/545/79545/files/Petrov\\_methods.pdf](http://window.edu.ru/resource/545/79545/files/Petrov_methods.pdf). – 2010. – 144 с.
8. Петров А.Е. Тензорный метод и двойственные сети в электротехнике. Электротехника, № 12, ноябрь 2008. – с. 2–12.
9. Petrov A.E. The duality of networks for computer-aided design systems with variable structure. Mining Informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). Reports of the XXIII International Scientific symposium «Miner’s week – 2015» Collection of scientific tr. Publishing House of NUST MISIS. ISBN 987–5-87623–891–7. – 2015.
10. Петров А.Е. Тензорный метод двойственных сетей для расчета сложных систем по частям. – УДК: 338.26.015: 658.5, М.: Изд-во «Горная книга». С. 168–192. М.: МГГУ, Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2017.
11. Bolshakov B.E., Petrov A.E. Algorithms of Multidimensional Space and Time Values Interrelation in the System of LT Dimension Coordinates by B. Brown, R.O. Bartini, P.G. Kuznetsov. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Pakistan, 2017, 12: pp. 6620–6627. DOI: 10.36478/jeasci.2017.6620.6627. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2017.6620.6627>
12. Королькова М.А. Оптимизация сети авиалиний на основе тензорной методологии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, СПб, 2003.
13. Сохор Ю.Н. Тензорный анализ сетей и диакоптика в инженерных расчетах / Ю.Н. Сохор. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 200 с.
14. Воронов П.Л. Особенности применения матриц преобразования и уравнений связи при анализе несимметричных повреждений. Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering. 2018, vol. 18, no. 1, pp. 27–37.
15. Лямец Ю.Я. Эквивалентирование многопроводных систем при замыканиях и обрывах части проводов / Ю.Я. Лямец, Д.Г. Еремеев, Г.С. Нудельман // Электричество. – 2003. – № 11. – С. 17–27.
16. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика, 2003, Vol. 11, P. 3–46.
17. Cascetta. Transportation Systems Analysis. Models and Applications. Springer, 2009.
18. Петров А.Е. Диакоптика структуры транспортных сетей – XVI Всероссийская научная конференция «Нейрокомпьютеры и их применение». Тезисы докладов М.: МГППУ –





2018. – С. 315–317. ISBN 978–5–94051–136–6. [http://it.mgppu.ru/upload/iblock/b35/НКП %20XVI %20%20тезисы.indd %20\(1\).pdf](http://it.mgppu.ru/upload/iblock/b35/НКП%20XVI%20%20тезисы.indd%20(1).pdf).
19. *Петров А.Е.* Сетевая модель системы логистики // Сетевое научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление». 2021. Т. 17, вып. 3 (52). – С. 1–20. URL: <http://www.guravlenie.ru/?p=3792>.
  20. *Богданова Л.В.* Дискретный тензорный анализ на железнодорожном транспорте. В сборнике: Труды международной научно-практической конференции «Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса Юга России». В 3 частях. Ростовский государственный университет путей сообщения. 2015. С. 81–83.
  21. *Petrov A.E., Fedorov A.V., Kochegarov A.V., Lomaev E.N., Preobrazhenskiy A.P.* The Analysis of Network Models for the Design of Industrial and Fire Safety Systems for Oil Refineries. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 808 (2021) 012024, IOP Publishing doi:10.1088/1755–1315/808/1/012024.
  22. *Литвинов К.А., Пасечников И.И.* Алгоритм расчета тензорной модели сети на основе симплексного метода Данцига. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 6–2. С. 3370–3375. <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-rascheta-tenzornoy-modeli-seti-na-osnove-simpleksnogo-metoda-dantsiga>. URL РИНЦ: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21106190>
  23. *Kamzolov Dmitry.* Near-Optimal Hyperfast Second-Order Method for Convex Optimization. MOTOR 2020 Communications in Computer and Information Science (CCIS) 1275 proceedings, pp. 1–12, 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58657-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58657-7_15).
  24. *Dmitry Kamzolov, Alexander Gasnikov and Pavel Dvurechensky.* On the Optimal Combination of Tensor Optimization Methods. OPTIMA-2020 proceedings in Lecture Notes in Computer Science (LNCS). Springer. Volume number 12422.
  25. *Зайцев Е.И., Бочкарев А.А.* Модель функционально-структурной надежности цепи поставок // Logistics and Supply Chain Management: Modern Trends in Germany and Russia: тез. докл. IV Германо-рос. конф. по логистике и управлению цепями поставок (6–9 мая 2009 г.). Геттинген: Cuviller Verlag, 2009. С. 187–195.
  26. *Морозов А.В., Пономарев Д.Ю.* Модель распределения трафика в многоуровневой информационно-коммуникационной сети специального назначения. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021. т. 9. № 1 (32). с. 11–12.
  27. *Luk'yanchenko A.A., Petrov A.E., Fedorov A.V., Denisov A.N.* Method of Rational Location of Gas Detectors For Early Fire Detection Based On Gas Control Technology. Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, JARDCS, USA, Vol. 12, Issue-06, 2020. Pp. 1293–1306. DOI:10.5373/JARDCS/V12I2/S20201321.. <https://jardcs.org/archivesview.php?volume=3&issue=36&page=6>.

## **Адаптация методики самоактивации личности для лиц с инвалидностью и без инвалидности разного возраста**

***Одинцова М.А.*** \*

Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3106-4616>  
e-mail: mari505@mail.ru

***Радчикова Н.П.*** \*\*

Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5139-8288>  
e-mail: nataly.radchikova@gmail.com

***Александрова Л.А.*** \*\*\*

Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3539-8058>  
e-mail: ladaleksandrova@mail.ru

Работа посвящена адаптации методики самоактивации личности на выборках респондентов с инвалидностью (N=170) и условно здоровых (N=1507) в возрасте от 18 до 65 лет (31,6 % мужчин). Адаптация проводилась для четырех групп: условно здоровые до 25 лет (N=1016) и от 25 лет и старше (N=491); лица с инвалидностью до 25 лет (N=102) и от 25 лет и старше (N=68). По общему баллу самоактивации обнаружены статистически значимые эффекты возраста и наличия инвалидности: условно здоровые превосходят лиц с инвалидностью, а люди старшего возраста – более молодых. Эффект пола не обнаружен. При рассмотрении отдельных шкал методики оказалось, что у условно здоровых все шкалы методики вносят одинаковый вклад в повышение самоактивации с возрастом, а у лиц с инвалидностью с возрастом повышаются только значения по шкалам самостоятельности и психологической активации. Достаточно высокая внутренняя согласованность методики на четырех выборках и ретестовая надежность для выборок условно здоровых и лиц с инвалидностью говорят о релевантности методики. Представлены нормы для всех шкал методики самоактивации личности в зависимости от возраста и наличия/отсутствия инвалидности.

**Ключевые слова:** методика самоактивации личности, адаптация, ретестовая надежность, тестовые нормы, лица с инвалидностью, условно здоровые



### Для цитаты:

Одинцова М.А., Радчикова Н.П., Александрова Л.А. Адаптация методики самоактивации личности для лиц с инвалидностью и без инвалидности разного возраста // Моделирование и анализ данных. 2022. Том 12. № 3. С. 25–39. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120302>

**\*Одинцова Мария Антоновна**, кандидат психологических наук, заведующий кафедрой психологии и педагогики дистанционного обучения, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3106-4616>, e-mail: [mari505@mail.ru](mailto:mari505@mail.ru)

**\*\*Радчикова Наталия Павловна**, кандидат психологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Научно-практического центра по комплексному сопровождению психологических исследований PsyDATA, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5139-8288>, e-mail: [nataly.radchikova@gmail.com](mailto:nataly.radchikova@gmail.com)

**\*\*\*Александрова Лада Анатольевна**, кандидат психологических наук, доцент, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3539-8058>, e-mail: [ladaleksandrova@mail.ru](mailto:ladaleksandrova@mail.ru)

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Современные условия постоянных вызовов личности диктуют необходимость дополнительной проверки некоторых методик. С точки зрения разных авторов, вызов – это испытание [11], проблема [5], противоречие, творческая задача [2], включающая разные ситуации, события и требования расти под задачу [1, 10], требования своевременности качественного ответа (готовность оценить, осознать, понять ситуацию и ее сигналы, а также дать адекватный ответ). На фоне глобальных вызовов современности, затрагивающих всех без исключения, люди сталкиваются и с индивидуальными вызовами, одним из которых является инвалидность. Инвалидность, вплетаясь в глобальные вызовы, с одной стороны, может способствовать снижению психологических ресурсов, с другой – выступать в качестве опоры, центра, «вокруг которого строится жизнь» [10], стать важнейшим ресурсом для развития системы самоактивации. Согласно нашим исследованиям, самоактивация представляет собой совокупность таких психологических характеристик как: 1) самостоятельность при решении жизненно важных задач (автономия, независимость, свобода выбора, самоорганизация и т.п.); 2) психологическая активность (жажда деятельности, инициативность, стремление к достижению целей, интерес к жизни и т.п.); 3) физическая активация как наличие оптимального функционального и эмоционального состояний [17, 21].

Изучение самоактивации разных потенциально уязвимых групп показало, что самоактивация студентов с инвалидностью в инклюзивной среде способствует повышению самоактивации здоровых сверстников [18]; снижение способности к самоактивации у подростков из числа сирот и специалистов, их воспитывающих, формирует неадекватные механизмы адаптации у воспитанников к самостоятельной жизни [16];



самоактивация имеет сниженный характер у обучающихся с инвалидностью в отличие от трудоустроенных с инвалидностью [15]; самоактивация существенно снижается в условиях вызова повседневности [19]. Данные исследования имеют свои ограничения, но показывают влияние средового фактора и культурно-исторических условий, в которых разворачивается вся самоактивационная система личности.

Развитие самоактивации важно для самореализации людей с инвалидностью во всех сферах деятельности и для повышения качества их жизни, так как некоторые данные свидетельствуют о недостаточности трудовой мотивации и активности лиц с инвалидностью [13] в силу наличия средовых и «отношенческих» барьеров [7]; о социальной эксклюзии, препятствующей их самореализации [6]; о стигматизации и самостигматизации, выступающими барьерами для проявления активности [14]; об убежденности в невозможности реализации себя в профессии; недостаточной готовности действовать, некоторой осторожности и недостаточной самостоятельности у обучающихся с инвалидностью [8, 9]; о тенденции к мотивации одобрения; недостаточной социализированности, интегрированности в общество, что способствует снижению самостоятельности, активности и инициативности [4]. Тем не менее, в исследованиях также проводится различие между нетрудоспособностью и инвалидностью, так как считается, что многие люди с ограничениями по здоровью способны к активной профессиональной жизни [23]. Особое внимание уделяется способностям и возможностям активной жизни молодых людей с инвалидностью [22]. Инвалидность рассматривается как вариант человеческого разнообразия, признавая различия каждого [3], как вариант нормального развития личности в затрудненных условиях [12].

Полученные ранее результаты [15, 18] говорят о том, что самоактивация может стать внутренней побудительной активностью личности с инвалидностью для реализации себя в качестве активного члена общества, но проявляться по-разному в зависимости от возрастных и индивидуальных характеристик. Сама идея самоактивации, направленная на активное участие лиц с инвалидностью в жизни общества, может иметь и негативные последствия в силу завышения планки активности до уровня тех, кто не имеет ограничений по здоровью. Следовательно, возникает необходимость в уточнении норм, которые были установлены для показателей методики самоактивации с учетом различных характеристик обследуемых, например, возраста, пола, наличия/отсутствия инвалидности. Таким образом, целью данной работы была адаптация методики самоактивации на выборке лиц с инвалидностью и без инвалидности разного возраста и пола.

## 2. МЕТОД

**Участники исследования.** В исследовании приняло участие 1677 человек, из них 170 с инвалидностью. Все участники исследования заняты в учебной или профессиональной деятельности. Возрастные группы (до 25 лет и от 25 лет) были определены исходя из периодизации Д. Бромлей и Дж. Бирена, где ранняя зрелость определяется возрастными границами от 18 до 25 лет, средняя и поздняя зрелость (зрелость) – от 25 лет и старше. К этому же делению близка и периодизация Б.Г. Ананьева.



Ранняя зрелость характеризуется началом взрослой жизни, получением образования, профессии, началом самостоятельной жизни. Средняя и поздняя зрелость – самые продуктивные периоды, периоды полной самореализации человека в жизни. Детальная характеристика выборки представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристика выборки (N / %)**

Группа	N	Возраст, среднее $\pm$ стандартное отклонение	Возрастные группы		Пол	
			18–25 лет	От 25 лет	Мужской	Женский
Условно здоровые	1507	25,3 $\pm$ 9,98	1016 / 67,4 %	491 / 32,6 %	255 / 16,9 %	1252 / 83,1 %
С инвалидностью	170	26,5 $\pm$ 9,82	102 / 60,0 %	68 / 40,0 %	48 / 28,2 %	122 / 71,8 %
Всего	1677	25,4 $\pm$ 9,96	1118 / 66,7 %	559 / 33,3 %	303 / 31,6 %	1374 / 68,4 %

**Процедура исследования.** Исследование проводилось в онлайн-формате, было анонимным и занимало не более 10 минут. Исследование было одобрено Этическим комитетом МГППУ (Протокол заседания Этического комитета № 12, от 15.03.2022). Все данные представлены в репозитории Mendeley Data (<https://data.mendeley.com/datasets/36s3vrkcgv/1>).

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Описательная статистика по всем шкалам методики самоактивации личности для четырех разных групп респондентов представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Описательная статистика по всем показателям методики самоактивации личности для четырех групп респондентов**

Показатель	M $\pm$ s	Me [LQ; UQ]	Асимметрия	Экссесс
Условно здоровые, до 25 лет (N=1016)				
Самостоятельность	15,8 $\pm$ 4,1	16,0 [13,0; 19,0]	-0,12 $\pm$ 0,08	-0,55 $\pm$ 0,15
Физическая активация	14,8 $\pm$ 4,7	15,0 [12,0; 18,0]	-0,33 $\pm$ 0,08	-0,18 $\pm$ 0,15
Психологическая активация	13,8 $\pm$ 4,2	14,0 [11,0; 17,0]	-0,08 $\pm$ 0,08	-0,01 $\pm$ 0,15
Самоактивация (итог)	44,4 $\pm$ 10,7	44,0 [37,0; 52,0]	-0,04 $\pm$ 0,08	-0,37 $\pm$ 0,15
Условно здоровые, от 25 лет и старше (N=491)				
Самостоятельность	16,6 $\pm$ 4,0	17,0 [14,0; 20,0]	-0,23 $\pm$ 0,11	-0,37 $\pm$ 0,22
Физическая активация	16,4 $\pm$ 4,8	17,0 [14,0; 20,0]	-0,66 $\pm$ 0,11	0,35 $\pm$ 0,22
Психологическая активация	15,7 $\pm$ 4,1	16,0 [13,0; 19,0]	-0,21 $\pm$ 0,11	-0,36 $\pm$ 0,22
Самоактивация (итог)	48,6 $\pm$ 11,2	49,0 [40,0; 57,0]	-0,27 $\pm$ 0,11	-0,33 $\pm$ 0,22
Лица с инвалидностью, до 25 лет (N=102)				
Самостоятельность	14,7 $\pm$ 3,7	15,0 [12,0; 17,0]	0,08 $\pm$ 0,24	0,66 $\pm$ 0,47
Физическая активация	13,8 $\pm$ 4,9	13,0 [11,0; 17,0]	-0,31 $\pm$ 0,24	0,36 $\pm$ 0,47



Показатель	M ± s	Me [LQ; UQ]	Асимметрия	Экссесс
Психологическая активация	13,1 ± 4,2	13,0 [10,0; 15,0]	0,22 ± 0,24	0,32 ± 0,47
Самоактивация (итог)	41,5 ± 10,2	40,0 [35,0; 47,0]	0,40 ± 0,24	-0,26 ± 0,47
Лица с инвалидностью, от 25 лет и старше (N=68)				
Самостоятельность	16,9 ± 4,3	17,0 [14,0; 20,0]	-0,23 ± 0,29	-0,84 ± 0,57
Физическая активация	13,5 ± 5,2	14,0 [10,0; 17,0]	0,01 ± 0,29	-0,44 ± 0,57
Психологическая активация	15,7 ± 4,5	16,0 [13,0; 19,0]	-0,12 ± 0,29	-0,70 ± 0,57
Самоактивация (итог)	46,1 ± 11,5	48,0 [38,0; 54,0]	-0,16 ± 0,29	-0,17 ± 0,57

Распределения баллов всех шкал методики самоактивации личности для групп с инвалидностью обоих возрастов не отличается от нормального (по критериям Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка  $p > 0,05$ ). Для группы условно здоровых распределение по всем шкалам методики отличается от нормального ( $p < 0,05$ ), что может объясняться большим объемом выборок. Средние значения по всем шкалам практически не отличаются от медиан, что говорит о симметричности распределений. В сравнении с нормами, которые были определены для методики самоактивации ранее на выборке условно здоровых [17], меры центральной тенденции, полученные нами при увеличении выборки, практически не отличаются, так как в исследовании [17] была использована выборка по возрастному диапазону сходная с выборкой условно здоровых лиц от 25 лет и старше. Значения всех показателей самоактивации для условно здоровых до 25 лет ниже, чем в более старшей группе и в исследовании [17]. Значения для лиц с инвалидностью также ниже, чем для условно здоровых.

Чтобы проверить, различаются ли группы между собой статистически значимо, было проведено два дисперсионных анализа. Трехфакторный дисперсионный анализ был проведен для сравнения групп респондентов разного возраста, пола и состояния здоровья по итоговому баллу методики. Результаты показали, что статистически значимых взаимодействий нет, но есть статистически значимые главные эффекты наличия инвалидности и возраста: по общему баллу самоактивации условно здоровые превосходят лиц с инвалидностью ( $F(1, 1669)=8,89; p=0,0029$ ), а люди старшего возраста – младших ( $F(1, 1669)=19,29, p=<0,0001$ ). Это говорит о том, что необходимо учитывать возраст респондентов и разрабатывать возрастные нормы, а также служит обоснованием выделения отдельных норм для лиц с инвалидностью. Статистически значимых различий по полу не оказалось.

Четырехфакторный дисперсионный анализ был проведен для сравнения групп респондентов разного возраста, пола и состояния здоровья по трем шкалам методики, причем внутригрупповым фактором выступали три шкалы. Взаимодействие третьего порядка оказалось статистически незначимым ( $F(2, 3338)=0,16; p=0,85$ ), а из всех взаимодействий второго порядка статистически значимым оказалось взаимодействие между переменными «Шкала методики самоактивации», «Наличие / отсутствие инвалидности» и «Возраст» ( $F(2, 3338)=7,96; p=0,0004$ ). Средние значения по группам представлены на рисунке. Как видим, у условно здоровых все шкалы методики вносят примерно одинаковый вклад в повышение самоактивации с возрастом, а у лиц



с инвалидностью – повышаются значения по шкалам самостоятельности и психологической активации, но физическая активация у лиц с инвалидностью существенно ниже, чем у здоровых, и с возрастом не повышается, что вполне закономерно в силу наличия у них реальных пожизненных физических ограничений. Эффект пола обнаружен не был, возможно в силу малочисленности мужчин в одной и другой выборках, что предполагает дальнейшие исследования в уточнении норм методики самоактивации для мужчин и женщин в зависимости от наличия/отсутствия инвалидности.

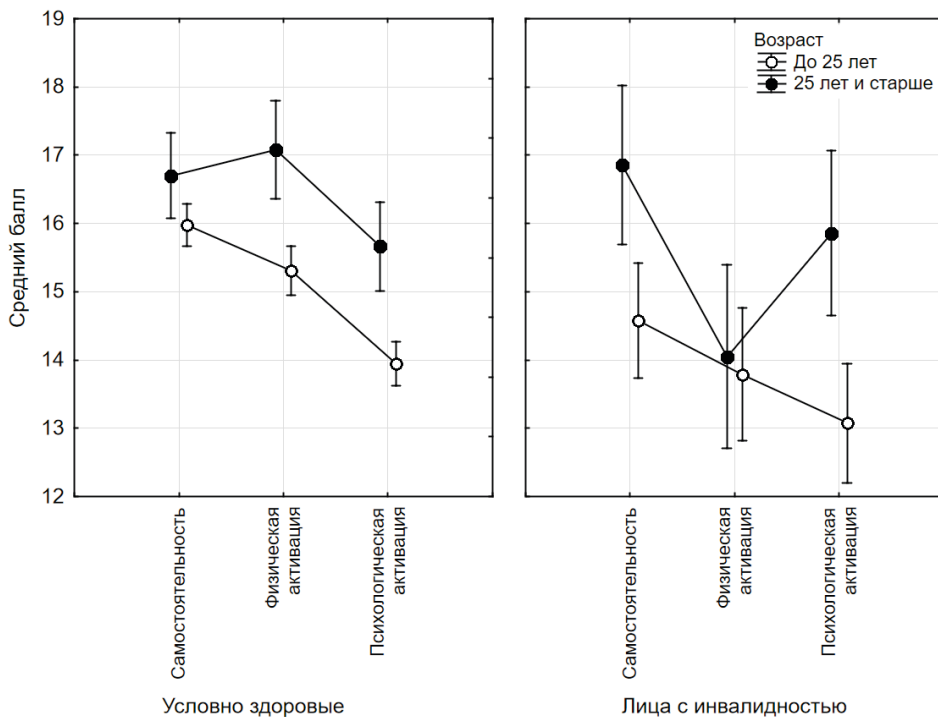


Рис. 1. Средние значения по шкалам методики самоактивации личности для респондентов с и без инвалидности разного возраста.

Так как результаты для групп разного возраста не совпали, то проверка внутренней согласованности методики была проведена для всех четырех групп. Результаты представлены в табл. 3. Средние корреляции пункта со шкалой довольно высоки (не ниже 0,48), а показатели внутренней согласованности более 0,70 практически во всех случаях. Исключение составляет группа лиц с инвалидностью до 25 лет: показатели внутренней согласованности для отдельных шкал методики у них самые низкие, но для итогового балла – выше, чем 0,75. Все это позволяет говорить о том, что методика довольно хорошо работает не только для респондентов разного возраста, но и для лиц с инвалидностью.





Таблица 3

**Показатели внутренней согласованности методики  
самоактивации личности для четырех групп респондентов**

Показатели	$\alpha$ Кронбаха	Коэффициент половинного расщепления Гутмана	Средняя корреляция пункта со шкалой
Условно здоровые, до 25 лет (N=1016)			
Самостоятельность	0,70	0,72	0,63
Физическая активация	0,72	0,79	0,64
Психологическая активация	0,71	0,73	0,64
Самоактивация (итог)	0,85	0,86	0,53
Условно здоровые, от 25 лет и старше (N=491)			
Самостоятельность	0,74	0,80	0,66
Физическая активация	0,81	0,86	0,72
Психологическая активация	0,75	0,78	0,66
Самоактивация (итог)	0,89	0,90	0,59
Лица с инвалидностью, до 25 лет (N=102)			
Самостоятельность	0,55	0,60	0,55
Физическая активация	0,72	0,74	0,64
Психологическая активация	0,65	0,68	0,60
Самоактивация (итог)	0,80	0,84	0,48
Лица с инвалидностью, от 25 лет и старше (N=68)			
Самостоятельность	0,81	0,84	0,72
Физическая активация	0,83	0,87	0,73
Психологическая активация	0,82	0,86	0,73
Самоактивация (итог)	0,89	0,93	0,59

Ретестовая надежность проверялась отдельно для группы условно здоровых респондентов (N=37) и для группы лиц с инвалидностью (N=32). Второй замер был проведен через 4 месяца. Ретестовая надежность для группы условно здоровых оказалась ниже, чем для лиц с инвалидностью: от 0,49 до 0,70 по шкалам методики vs от 0,75 до 0,79. Ретестовая надежность для итогового показателя оказалась равна 0,61 для группы условно здоровых и 0,83 для лиц с инвалидностью.

Корреляции между шкалами методик и общим баллом (табл. 4) схожи с корреляциями, полученными нами ранее на российской [17] и белорусской [21] выборках.

Таблица 4

**Корреляции между шкалами методики самоактивации  
личности для четырех групп респондентов**

Показатели	Физическая активация	Психологическая активация	Самоактивация (итог)
Условно здоровые: до 25 лет / 25 лет и старше			
Самостоятельность	0,44 / 0,58	0,64 / 0,72	0,82 / 0,87
Физическая активация		0,51 / 0,60	0,80 / 0,85
Психологическая активация			0,86 / 0,88





Показатели	Физическая активация	Психологическая активация	Самоактивация (итог)
Лица с инвалидностью: до 25 лет / 25 лет и старше			
Самостоятельность	0,33 / 0,38	0,58 / 0,75	0,76 / 0,84
Физическая активация		0,47 / 0,41	0,79 / 0,76
Психологическая активация			0,84 / 0,86

Таким образом, результаты показывают, что методика самоактивации личности практически одинаково работает на всех исследуемых выборках, что может служить обоснованием ее применения для лиц разного возраста и для лиц с инвалидностью. Ранее также было показано, что конструкт самоактивации отражает психологическую реальность, отличную от жизнестойкости, и обладает инкрементной валидностью [20]. В силу того, что полученные нами данные статистически значимо различаются в зависимости от наличия/отсутствия инвалидности и возраста, были рассчитаны нормы по методике самоактивации для четырех групп респондентов (условно здоровые до 25 лет; условно здоровые от 25 лет и старше; лица с инвалидностью до 25 лет; лица с инвалидностью от 25 лет и старше). Результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Нормы для методики самоактивации  
личности для четырех групп респондентов**

Стэнайн	Уровень	Условно здоровые							
		До 25 лет				25 лет и старше			
		Шкала 1	Шкала 2	Шкала 3	Итог	Шкала 1	Шкала 2	Шкала 3	Итог
1	Низкий	0–9	0–6	0–7	0–26	0–10	0–7	0–8	0–28
2		10–11	7–9	8–9	27–32	11	8–10	9–11	29–34
3		12	10–12	10–11	33–36	12–13	11–13	12–13	35–40
4	Средний	13–15	13–14	12–13	37–41	14–16	14–16	14–15	41–46
5		16–17	15–16	14–15	42–47	17–18	17–18	16–17	47–52
6		18–19	17–18	16–17	48–53	19–20	19–20	18–19	53–58
7	Высокий	20–21	19–21	18–19	54–58	21–22	21–22	20–21	59–62
8		22–23	22	20–21	59–63	23	23	22–23	63–67
9		24	23–24	22–24	64–72	24	24	24	68–72
Стэнайн	Уровень	Лица с инвалидностью							
		До 25 лет				25 лет и старше			
		Шкала 1	Шкала 2	Шкала 3	Итог	Шкала 1	Шкала 2	Шкала 3	Итог
1	Низкий	0–9	0–4	0–6	0–24	0–9	0–4	0–8	0–24
2		10–11	5–10	7–8	25–31	10–11	5–6	9	25–30
3		12	11	9–10	32–34	12–13	7–10	10–12	31–37
4	Средний	13–14	12	11–12	35–37	14–16	11–12	13–15	38–45
5		15–16	13–15	13–14	38–44	17–18	13–15	16–17	46–50
6		17	16–17	15–16	45–47	19–21	16–17	18–19	51–54



Стэнайн	Уровень	Условно здоровые							
		До 25 лет				25 лет и старше			
		Шкала 1	Шкала 2	Шкала 3	Итог	Шкала 1	Шкала 2	Шкала 3	Итог
7	Высокий	18–19	18–20	17–18	48–58	22	18–20	20–21	55–59
8		20–22	21–22	19–22	59–62	23	21–23	22–23	60–70
9		23–24	23–24	23–24	63–72	24	24	24	71–72

Рассчитанные нормы показывают, что самые низкие значения шкал не обладают такой же дифференцирующей способностью, как высокие значения, что совпадает с результатами, полученными нами ранее [20]: в рамках теории латентных черт (IRT) было установлено, что измерения компонентов самоактивации являются довольно точными в диапазоне от низких значений до значений, существенно выше среднего, и только самые высокие значения (превышающие средние на два стандартных отклонения и более) измеряются недостаточно точно.

Эффект пола обнаружен не был, хотя в более раннем исследовании мужчины превосходили женщин по шкале самостоятельности [17]. Полученные результаты могут объясняться как и реальным отсутствием различий в самоактивации мужчин и женщин, так и недостаточно большими выборками мужского пола, что создает перспективу для дальнейших исследований. Пока различия в самоактивации между мужчинами и женщинами убедительно не установлены, предлагаем пользоваться нормами из табл. 5 вне зависимости от пола.

#### 4. ВЫВОДЫ

Методика самоактивации базируется на теории, согласно которой самоактивация – внутренняя произвольная активность личности, включающая: 1) самостоятельность при решении жизненно важных задач (автономия, независимость, свобода выбора, самоорганизация и т.п.); 2) психологическая активность (жажда деятельности, инициативность, стремление к достижению целей, интерес к жизни и т.п.); 3) физическая активация как сохранение оптимального функционального и эмоционального состояний. Самоактивация проявляется по-разному в зависимости от возраста и наличия/отсутствия инвалидности. В связи с этим в условиях новых вызовов современности возникает необходимость в проверке, адаптации и пересмотре психометрических норм методики.

Проверка внутренней согласованности методики на четырех различных выборках (условно здоровые до 25 лет; условно здоровые от 25 лет и старше; лица с инвалидностью до 25 лет; лица с инвалидностью от 25 лет и старше) показала, что все шкалы имеют довольно хорошую внутреннюю согласованность, а распределения баллов мало отличаются от нормального. Все три шкалы методики хорошо согласуются между собой, что позволяет вычислять итоговый балл, представляющий общий уровень самоактивации. Полученные результаты, сходные с результатами предыдущих проверок работоспособности методики на различных выборках, позволяют представить



нормы для методики самоактивации в зависимости от возраста и наличия/отсутствия инвалидности. Данное исследование является частью более крупного проекта, направленного на изучение психологических ресурсов социально уязвимых групп в условиях вызовов современности. Перспективами является расширение выборки мужчин, мужчин и женщин с инвалидностью.

**Финансирование.** Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (РНФ) в рамках научного проекта № 22–28–00820 («Психологические ресурсы социально уязвимых групп в условиях вызовов современности (на примере лиц с инвалидностью и их семей)»).

### *Литература*

1. *Асмолов А.Г.* Психология современности: вызовы неопределенности, сложности и разнообразия [Электронный ресурс] // Психологические исследования. 2015. № 8(40). <http://psystudy.ru>
2. *Водяха С.А., Водяха Ю.Е., Симбирцева Н.А., Шалагина Е.В.* Вызовы времени: самопроектирование молодежи как междисциплинарная задача // Общество, среда, развитие. 2021. № 1. С. 15–20
3. *Голдовская А.В.* Изоматический подход к проблематике инвалидности // Манускрипт. 2021. Т. 14. Вып. 9. С. 1856–1860. <https://doi.org/10.30853/mns210324>
4. *Гришина Е.С.* Исследование мотивационной сферы молодых людей с инвалидностью // Институт психологии РАН. Социальная и экономическая психология. 2020. № 4. Т. 5. С. 127–154. DOI: 10.38098/irpan.sep.2020.20.4.005
5. *Гришина Н.В.* Экзистенциальные проблемы человека как жизненный вызов // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2011. Сер. 12. Вып. 4. С. 109–116
6. *Жигунова Г.В., Ткаченко И.Л.* Отношенческие барьеры инвалидности в социуме // Вестник университета. 2019. № 5. DOI 10.26425/1816–4277–2019–5–182–188
7. *Козырева И.А., Чабанова С.С.* Прямая и косвенная дискриминация в сфере труда и занятости инвалидов: анализ проблемы // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2017. Т. 19. № 6. С. 171–175.
8. *Куляцкая М.Г., Камин А.А.* Копинг-стратегии, жизнестойкость и смысложизненные ориентации студентов инклюзивной среды смешанного обучения с разным уровнем самоактивации [Электронный ресурс] // Психолого-педагогические исследования. 2020. Том 12. № 4. С. 34–51. doi:10.17759/psyedu.2020120403
9. *Куляцкая М.Г., Камин А.А.* Копинг-стратегии студентов инклюзивной среды смешанного обучения // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 197–202.
10. *Леонтьев Д.А., Александрова Л.А.* Вызов инвалидности: от проблемы к задаче // Третья Всероссийская научно-практическая конференция по экзистенциальной психологии: материалы сообщений / под ред. Д.А. Леонтьева. М.: Смысл. 2010. С. 114–120
11. *Леонтьев Д.А.* Личностный потенциал: структура диагностики. М. Смысл. 2011.
12. *Леонтьев Д.А.* Развитие личности в норме и в затрудненных условиях // Культурно-историческая психология. 2014. Том 10. № 3. С. 97–106.
13. *Ненахова Ю.С.* Трудовой потенциал инвалидов: проблемы реализации // Народонаселение. 2018. Т. 21. № 3. doi:10.26653/1561–7785–2018–21–3–07
14. *Носенко-Штейн Е.Э.* Выйти за пределы «гетто»: стигма инвалидности и попытки ее преодоления // Вестник антропологии. 2021. № 1 (53). С. 36–49. doi:10.33876/2311–0546/2021–53–1/36–49



15. *Одинцова М.А., Александрова Л.А., Кузьмина Е.И., Лазарева В.М.* Психолого-педагогическое сопровождение студентов с инвалидностью в инклюзивной образовательной среде вуза [Электронный ресурс] // Психолого-педагогические исследования. 2019. Том 11. № 3. С. 114–127. doi:10.17759/psyedu.2019110310
16. *Одинцова М.А., Ослон В.Н., Оголь М.П.* Самоактивация как основа развития личностно-профессиональной компетентности специалистов учреждений для детей-сирот // Психология и право. 2019. Том. 9. № 4. С. 1–17. doi: 10.17759/psylaw.2019090401
17. *Одинцова М.А., Радчикова Н.П.* Разработка методики самоактивации личности // Психологические исследования. 2018. Т. 11. № 58. С. 12. doi:10.54359/ps.v11i58.316
18. *Одинцова М.А., Радчикова Н.П.* Самоактивация как личностный ресурс студентов в инклюзивной образовательной среде вуза // Современная зарубежная психология. 2018. Том 7. № 1. С. 62–70. doi:10.17759/jmfp.2018070107
19. *Одинцова М.А., Радчикова Н.П., Козырева Н.В., Кузьмина Е.И.* Сравнительный анализ личностных ресурсов переходного и нового поколений белорусов и россиян в новых культурно-исторических условиях // Социальная психология и общество. 2019. Том 10. № 2. С. 47–66. doi:10.17759/sps.2019100205
20. *Радчикова Н.П., Одинцова М.А.* Методика самоактивации личности: опыт применения теории латентных черт (IRT) // Моделирование и анализ данных. 2021. Том 11. № 3. С. 19–35. doi:10.17759/mda.2021110302
21. *Радчикова Н.П., Одинцова М.А., Козырева Н.В.* Методика самоактивации личности: адаптация на белорусской выборке // Вестник Полоцкого государственного университета. 2017. Серия Е. 017. № 15. С. 77–82.
22. *Stafford L., Marston G., Beatson A., Chamorro-Koc M., Drennan J.* Interpretative accounts of work capacity assessment policy for young adults with disabilities // Disability & Society. 2019. Vol. 34. № 6. Pp. 885–903, DOI: 10.1080/09687599.2018.1561356
23. *Ståhl C., Wispelaere J. De MacEachen E.* The work disability trap: manifestations, causes and consequences of a policy paradox // Disability and Rehabilitation. 2022. doi:10.1080/09638288.2022.2074554



## The Adaptation of Personal Self-Activation Inventory for People with and without Disability of Different Ages

***Maria A. Odintsova\****

Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3106-4616>

e-mail: [mari505@mail.ru](mailto:mari505@mail.ru)

***Nataly P. Radchikova\*\****

Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5139-8288>

e-mail: [nataly.radchikova@gmail.com](mailto:nataly.radchikova@gmail.com)

***Lada A. Aleksandrova\*\*\****

Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3539-8058>

e-mail: [ladaleksandrova@mail.ru](mailto:ladaleksandrova@mail.ru)

The work is devoted to the adaptation of Personal Self-Activation Inventory for respondents with disability (N=170) and without disability (N=1507) aged 18 to 65 years (31.6 % male). Adaptation was carried out for four groups: people without disability up to 25 years old (N=1016) and from 25 years old (N=491), as well as people with disability up to 25 years old (N=102) and from 25 years old (N= 68). When considering the total score of self-activation, statistically significant effects of age and disability were found: people without disability outperform people with disability, and older people outperform younger ones. The effect of sex was not found out. When considering three self-activation subscales, it turned out that for people without disability, all subscales' scores make the same contribution to the increase in self-activation with age, and for people with disability, only the scores on the scales of independence and psychological activation increase with age. Sufficiently high internal consistency of all the inventory's scales on four samples and retest reliability for samples of people with and without disability indicate the relevance of the inventory. The norms for all scales of the Personal Self-Activation Inventory depending on age and presence/absence of disability are presented.

\****Maria A. Odintsova***, PhD (Psychology), Head of the Chair of Psychology and Pedagogy of Distance Learning, Faculty of Distance Learning, Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3106-4616>, e-mail: [mari505@mail.ru](mailto:mari505@mail.ru)

\*\****Nataly P. Radchikova***, PhD (Psychology), Leading Researcher of Scientific and Practical Center for Comprehensive Support of Psychological Research «PsyDATA», Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5139-8288>, e-mail: [nataly.radchikova@gmail.com](mailto:nataly.radchikova@gmail.com)

\*\*\****Lada A. Aleksandrova***, PhD (Psychology), Chair of Psychology and Pedagogy of Distance Learning, Faculty of Distance Learning, Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia; ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-3539-8058>, e-mail: [ladaleksandrova@mail.ru](mailto:ladaleksandrova@mail.ru)



**Keywords:** Personal Self-Activation Inventory, adaptation, test-retest reliability, test norms, people with disability, people without disability.

**For citation:**

Odintsova M.A., Radchikova N.P., Aleksandrova L.A. The Adaptation of Personal Self-Activation Inventory for People with and without Disability of Different Ages. *Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis*, 2022. Vol. 12, no. 3, pp. 25–39. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120302> (In Russ., abstr. in Engl.).

**Funding.** The reported study was funded by Russian Science Foundation (RSCF), project number 22–28–00820 (Psychological resources of socially vulnerable groups in the face of modern challenges (on the example of people with disabilities and their families)).

**References**

1. Asmolov A.G. Psikhologiya sovremenosti: vyzovy neopredelennosti. slozhnosti i raznoobraziya [Psychology of modernity: the challenges of uncertainty, complexity and diversity]. *Psikhologicheskie issledovaniia [Psychological research]*, 2015, Vol. 8, no. 40, p. 1. URL: [psystudy.ru](https://psystudy.ru) (Accessed: 18.07.2022).
2. Vodyakha S.A. Vodyakha Yu.E., Simbirtseva N.A., Shalagina E.V. Vyzovy vremeni: samo-proektirovanie molodezhi kak mezhdistsiplinarnaya zadacha [Challenges of the time: self-designing of youth as an interdisciplinary task]. *Obshchestvo, sreda, razvitie [Society, environment, development]*, 2021, no. 1. pp. 15–20
3. Goldovskaya A.V. Izomaticheskii podkhod k problematike invalidnosti [Rhizomatic Approach to Disability Issues]. *Manuskript [Manuscript]*, 2021, Vol. 14, no. 9, pp. 1856–1860. doi:10.30853/mns210324
4. Grinina E.S. Issledovanie motivatsionnoi sfery molodykh lyudei s invalidnost'yu [Motivational sphere of young people with disability]. *Institut psikhologii RAN. Sotsial'naya i ekonomicheskaya psikhologiya [Institute of Psychology RAN. Social and Economic Psychology]*, 2020, Vol. 5, no. 4, pp. 127–154. DOI: 10.38098/ipran.sep.2020.20.4.005
5. Grishina N.V. Ekzistentsial'nye problemy cheloveka kak zhiznennyi vyzov [Existential human problems as ontological challenge]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta [Saint Petersburg University Bulletin]*, 2011, Vol. 12, no. 4, pp. 109–116.
6. Zhigunova G.V. Tkachenko I.L. Otnoshencheskie bar'ery invalidnosti v sotsiume [Attitudinal barriers towards disabled people in society]. *Vestnik universiteta [Vestnik universiteta]*, 2019, no 5. DOI 10.26425/1816–4277–2019–5-182–188
7. Kozyreva I.A., Chabanova S.S. Pryamaya i kosvennaya diskriminatsiya v sfere truda i zanyatosti invalidov: analiz problemy [The analysis of direct and indirect discrimination problems in disabled persons' employment]. *Mediko-farmatsevticheskii zhurnal «Pul's» [Medical & pharmaceutical journal «Pulse»]*, 2017, Vol. 19, no. 6, pp. 171–175.
8. Kulyatskaya M.G., Kamin A.A. Koping-strategii, zhiznestoikost' i smyslozhiznennye orientatsii studentov inklyuzivnoi sredy smeshannogo obucheniya s raznym urovnem samoaktivatsii [Coping Strategies, Hardiness, and Sustainable Orientations of Students of The Inclusive Mixed Learning Environment with Different Self-Activation Level] [Elektronnyi resurs]. *Psikhologo-pedagogicheskie issledovaniya [Psychological-Educational Studies]*, 2020, Vol. 12, no. 4, pp. 34–51. doi:10.17759/psyedu.2020120403
9. Kulyatskaya M.G. Kamin A.A. Koping-strategii studentov inklyuzivnoi sredy smeshannogo obucheniya [Coping strategies of students in an inclusive mixed learning environment]. *Tsifrovaya gumanitaristika i tekhnologii v obrazovanii. Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-*



- prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Digital Humanities and Technology in Education (DHTE 2020): collection of Articles of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation], 2020, pp. 197–202.
10. Leont'ev D.A. Aleksandrova L.A. Vyzov invalidnosti: ot problemy k zadache [Disability Challenge: from problem to task]. Tret'ya Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po ekzistentsial'noi psikhologii: materialy soobshchenii [*The third All-Russian Scientific and Practical Conference on Existential Psychology: Materials of the message*] / D.A. Leont'ev (Ed.). Moscow: Smysl, 2010, pp. 114–120.
  11. Leont'ev D.A. Lichnostnyi potentsial: struktura diagnostika [Personal potential: structure and diagnostics] Moscow: Smysl, 2011.
  12. Leont'ev D.A. Razvitie lichnosti v norme i v zatrudnennykh usloviyakh [Personality development in normal and difficult conditions]. Kul'turno-istoricheskaya psikhologiya [*Cultural-Historical Psychology*], 2014, Vol. 10, no. 3, pp. 97–106.
  13. Nenakhova Yu.S. Trudovoi potentsial invalidov: problemy realizatsii [Labour potential of people with disabilities: problems of implementation]. Narodonaselenie [*Population*], 2018, Vol. 21, no 3, pp. 96–108. doi:10.26653/1561-7785-2018-21-3-07
  14. Nosenko-Shtein E.E. Vyiti za predely «getto»: stigma invalidnosti i popytki ee preodoleniya [To Leave a Ghetto: Overcoming the Stigma of Disability]. Vestnik antropologii [*Herald of Anthropology*], 2021, no. 1 (53), pp. 36–49. doi:10.33876/2311-0546/2021-53-1/36-49
  15. Odintsova M.A., Aleksandrova L.A., Kuz'mina E.I., Lazareva V.M. Psikhologo-pedagogicheskoe soprovozhdenie studentov s invalidnost'yu v inklyuzivnoi obrazovatel'noi srede vuza [Psychological and Pedagogical Support for Students with Disabilities in Inclusive Educational Environment of University] [Elektronnyi resurs]. Psikhologo-pedagogicheskie issledovaniya [*Psychological-Educational Studies*], 2019, Vol. 11, no. 3, pp. 114–127. doi:10.17759/psyedu.2019110310
  16. Odintsova M.A., Oslon V.N., Ogol' M.P. Samoaktivatsiya kak osnova razvitiya lichnostno-professional'noi kompetentnosti spetsialistov uchrezhdenii dlya detei-sirot [Self-activation as a basis for personal and professional competence development of specialists working with orphan adolescents]. Psikhologiya i pravo [*Psychology and law*], 2019, Vol. 9, no. 4, pp. 1–17. doi:10.17759/psylaw.2019090401
  17. Odintsova M.A., Radchikova N.P. Razrabotka metodiki samoaktivatsii lichnosti [The development and standardization of personal self-activation inventory]. Psikhologicheskie issledovaniya [*Psychological Investigations*], 2018, Vol. 11, no. 58, p. 12. doi:10.54359/ps.v11i58.316
  18. Odintsova M.A., Radchikova N.P. Samoaktivatsiya kak lichnostnyi resurs studenta v inklyuzivnoi obrazovatel'noi srede vuza. Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya [*Journal of Modern Foreign Psychology*], 2018, Vol. 7, no. 1, pp. 62–70. doi:10.17759/jmfp.2018070107
  19. Odintsova M.A., Radchikova N.P., Kozyreva N.V., Kuz'mina E.I. Sravnitel'nyi analiz lichnostnykh resurov perekhodnogo i novogo pokolenii belorusov i rossiyan v novykh kul'turno-istoricheskikh usloviyakh [Comparative analysis of personal resources of belarusian and russian transitional and new generations in new cultural and historical conditions]. Sotsial'naya psikhologiya i obshchestvo [*Social psychology and society*], 2019, Vol. 10, no. 2, pp. 47–66. doi:10.17759/sps.2019100205
  20. Radchikova N.P., Odintsova M.A. Metodika samoaktivatsii lichnosti: opyt primeneniya teorii latentnykh chert (IRT) [Personal Self-Activation Inventory: an Experience of Item Response Theory Application]. Modelirovanie i analiz dannykh [*Modelling and Data Analysis*], 2021. Vol. 11, no. 3, pp. 19–35. doi:10.17759/mda.2021110302
  21. Radchikova N.P., Odintsova M.A., Kozyreva N.V. Metodika samoaktivatsii lichnosti: adaptatsiya na belorusskoi vyborke [Personal self-activation inventory: standardization on Belarusian



- sample]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya E [Vestnik of Polotsk State University. Part E]*, 2017, no. 15, pp. 77–82.
22. Stafford L., Marston G., Beatson A., Chamorro-Koc M., Drennan J. Interpretative accounts of work capacity assessment policy for young adults with disabilities. *Disability & Society*, 2019. Vol. 34, no. 6, pp. 885–903, doi: 10.1080/09687599.2018.1561356
  23. Ståhl C., Wispelaere J. De MacEachen E. The work disability trap: manifestations, causes and consequences of a policy paradox. *Disability and Rehabilitation*, 2022. doi:10.1080/09638288.2022.2074554.

Получена 03.09.2022

Принята в печать 22.09.2022

Received 03.09.2022

Accepted 22.09.2022



◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆ **КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ** ◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆

УДК 57.087.1, 004.42

## **Об опыте разработки мобильного комплекса для регистрации электрической активности головного мозга на базе технологии сухих электродов**

***Юрьев Г.А.\****

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-6562>  
e-mail: [g.a.yuryev@gmail.com](mailto:g.a.yuryev@gmail.com)

***Куравский Л.С.\*\****

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3375-8446>  
e-mail: [l.s.kuravsky@gmail.com](mailto:l.s.kuravsky@gmail.com)

***Юрьева Н.Е.\*\*\****

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1419-876X>  
e-mail: [yurieva.ne@gmail.com](mailto:yurieva.ne@gmail.com)

Рассмотрена технология создания мобильного комплекса для регистрации электрической активности головного мозга, регистрации электроэнцефалографического сигнала с одним каналом. Ранее технологические проблемы, связанные с недостаточной чувствительностью и избирательностью в отношении отношения сигнал/шум, не позволяли использовать в практических приложениях системы регистрации электроэнцефалографической активности на основе так называемых сухих электродов. В то же время даже при небольшом количестве отведений такие сигналы при регистрации, например, от зрительной коры, локализованной в затылочной области головного мозга, могут быть чрезвычайно информативны в контексте анализа операторской деятельности и других видов человеческой деятельности, в которой существенную роль играет произвольное управление вниманием. В данной работе рассмотрен опыт создания мобильного автономного комплекса регистрации таких сигналов для задач мониторинга характеристик операторской деятельности в научных приложениях. Описаны конструктивные особенности такого устройства, созданного на основе технологии Node MCU, которая получает широкое распространение во встроенных системах, собственных узкополосных



усилителях электрического сигнала и сухих электродах, созданных промышленностью в последнее десятилетие. Приведены некоторые примеры практического применения такого комплекса. Обсуждаются наиболее перспективные направления развития техники.

**Ключевые слова:** человеко-машинные интерфейсы, электроэнцефалография, сухие электроды, Node MCU.

**Для цитаты:**

*Юрьев Г.А., Куравский Л.С., Юрьева Н.Е.* Об опыте разработки мобильного комплекса для регистрации электрической активности головного мозга на базе технологии сухих электродов// Моделирование и анализ данных. 2022. Том 12. № 3. С. 40–48. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120303>

**\*Юрьев Григорий Александрович**, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-6562>, e-mail: [g.a.yuryev@gmail.com](mailto:g.a.yuryev@gmail.com)

**\*\*Куравский Лев Семенович**, доктор технических наук, декан факультета информационных технологий, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3375-8446>, e-mail: [l.s.kuravsky@gmail.com](mailto:l.s.kuravsky@gmail.com)

**\*\*\*Юрьева Наталья Евгеньевна**, кандидат технических наук, научный сотрудник, центра информационных технологий для психологических исследований факультета информационных технологий, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1419-876X>, e-mail: [yurieva.ne@gmail.com](mailto:yurieva.ne@gmail.com)

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время научно-технический прогресс оказал значимое влияние на развитие всех сфер медицинских технологий в целом и в частности на электроэнцефалографию. Сейчас ЭЭГ диагностика переживает качественные изменения.

Еще несколько десятилетий назад электроэнцефалографические исследования производили на массивных вычислительных компьютерах, для которых требовалось множество проводов, электроды нуждались в специализированном геле, который улучшал электрическую проводимость сигнала, и точность исследования напрямую зависела от оборудования и поведения испытуемого.

Сейчас же начинают появляться комплексы для мобильной регистрации сигналов ЭЭГ, которые можно модернизировать и которые не требуют громоздких конструкций и кучи проводов. Появились сухие электроды, которые достаточно закрепить плотно прилегающими к голове. Они готовы к использованию без дополнительных манипуляций таких, как усиливающий электрическую проводимость гель. Так же и модули усиления сигнала не обошли стороной. В настоящее время, для электроэнцефалографии разработали и производят компактные усилители электрических сигналов, работающие даже эффективнее прежних, и которые являются более экономичными.



Появилась принципиальная возможность вывести полевые ЭЭГ исследования на новый уровень. Благодаря компактному мобильному комплексу регистрации и записи ЭЭГ сигналов стало возможным исследовать электрическую активность головного мозга пилотов самолётов. Данные исследования могут помочь выяснить какие процессы происходят в мозгу пилотов и как именно они выражены, а также как влияет стресс на когнитивные функции мозга.

Теперь достаточно поместить на голову испытуемого небольшой прибор схожий с полноразмерными наушниками и можно производить запись и анализ данных электрической активности коры головного мозга. Все данные могут передаваться через UDP или же Wi-Fi соединение и обрабатываться, непосредственно, на персональном компьютере, и визуализироваться с использованием клиент-серверных технологий.

## 2. ТЕХНИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИСТРАЦИИ ЭЭГ

Был разработан мобильный комплекс регистрации электрической активности коры головного мозга, позволяющий записывать и проводить первичную обработку ЭЭГ сигнала и его визуализацию.

Структурно комплекс можно разделить на два блока – первый отвечает за регистрацию сигнала и его передачу устройству приёмнику, второй авторизует соединения с передатчиками и осуществляет разделение сигналов, поступающих с нескольких каналов регистрации. На рис. 1 представлена схема взаимодействий внутри комплекса.

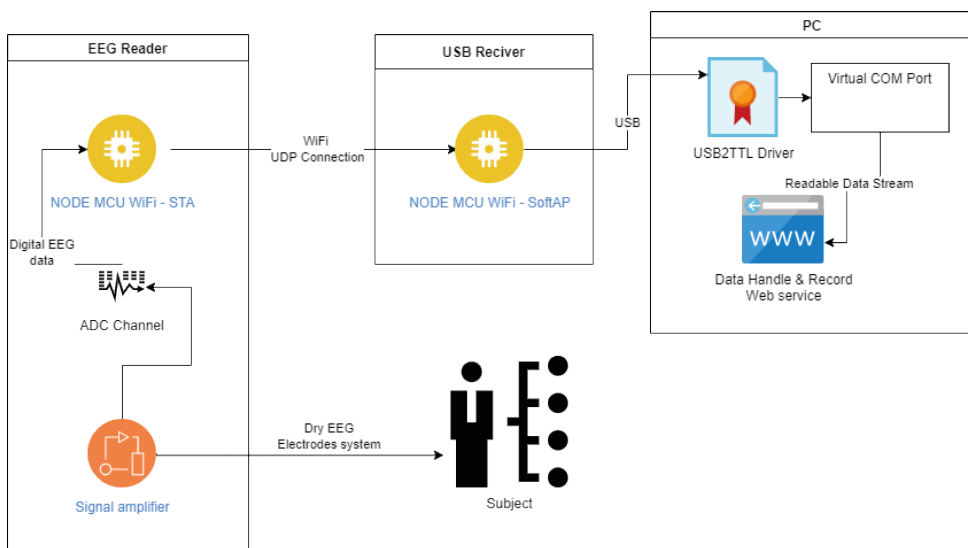
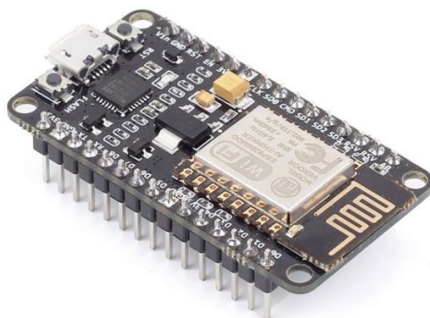


Рис. 1 Архитектура мобильного комплекса регистрации электрической активности мозга.

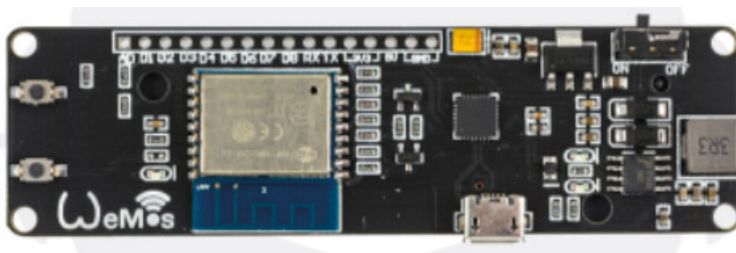
Устройства разработаны на базе платформы NodeMCU. Это open-source проект, способный выполнять скрипты на языке Lua. Модули, разработанные на базе таких платформ, используются для создания систем с удаленным управлением.

В роли приёмника сигнала выступает плата ESP8266 NodeMCU V3, представленная на рис. 2.



*Рис. 2 плата ESP8266 NodeMCU V3.*

В роли передатчика сигнала модуль WeMos D1 ESP8266 NodeMCU, со встроенной системой питания и заряда аккумулятора формата 18650, представленный на рис. 3.



*Рис. 3 модуль ESP8266 WeMos D1 NodeMCU.*

Приёмник после включения настраивает виртуальный последовательный порт, через который осуществляется взаимодействие с программным обеспечением для ПК. Затем модуль ESP находящийся на плате переводится в режим точки доступа.

Передатчик после включения, осуществляет непрерывный поиск точки доступа, в качестве которой выступает приёмник. После авторизации устанавливается UDP соединение, через которое передатчик получает управляющие команды и осуществляет трансляцию данных, поступающих с АЦП.

Передатчик имеет 1 канал АЦП, разрешающая способность которого 10 бит. Таким образом каждое измерение амплитуды сигнала, регистрируемое электродами, представляется как целое число в диапазоне 0–1023. АЦП подключен к усилителю ЭЭГ сигнала.

Система сухих электродов соединена с усилителем, экранированным трёх контактным аудио кабелем. Усилитель содержит регуляторы шумоподавления и уровня



усиления сигнала, что позволяет выполнить настройку модуля усилителя на рабочие характеристики, обеспечивающие оптимальный приём ЭЭГ сигнала с учётом индивидуальных параметров провода подключения и конкретной модели электродов.

По команде, поступающей с приёмника сигнала, передатчик осуществляет чтение значений из буфера АЦП и передачу оцифрованных значений через UDP соединение. Каждое значение маркируется номером канала, что позволяет использовать приёмник для агрегации значений с нескольких передающих устройств. Приёмник осуществляет разбор значений, поступающих через сетевое соединение и формирует поток данных которые записываются в виртуальный последовательный порт работающий поверх USB соединения.

Программное обеспечение для ПК обеспечивающее связывание с модулем приёма сигнала реализовано на базе платформы NodeJS. Оно осуществляет мониторинг сигнала, поступающего с виртуального последовательного порта или через UDP порт, в случае, когда выбрано прямое сетевое соединение с передатчиком. Поступающий сигнал записывается в сыром виде в файл данных, а также подвергается спектральному анализу в реальном масштабе времени (рис. 4).

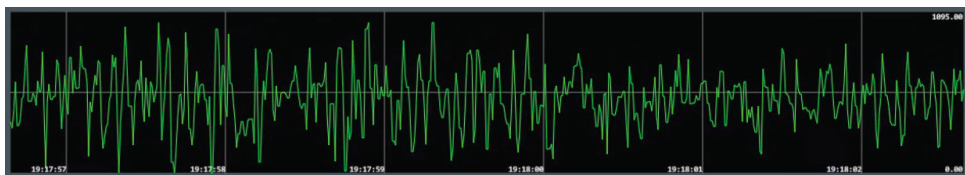


Рис. 4. визуализация ЭЭГ сырого сигнала до преобразованного методом быстрого преобразования Фурье.

Одновременно с спектральным анализом происходит отображение периодограммы (рис. 5) и расчёт мощности спектра по заданным частотным диапазонам ЭЭГ ритмов, показан на рис. 3, 6.

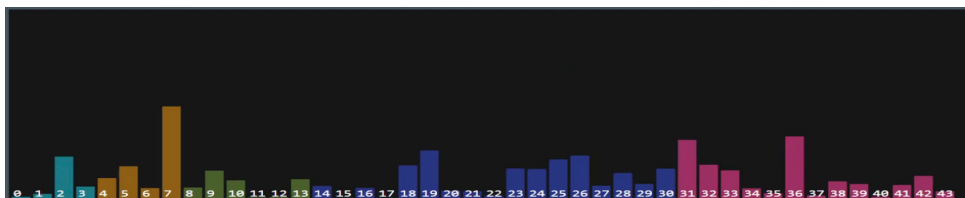


Рис. 5. Периодограмма обработанного ЭЭГ сигнала.

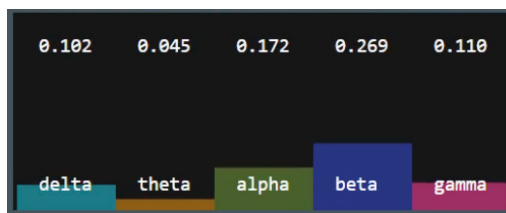


Рис. 6. Расчет мощности спектра по ритмам ЭЭГ.



### 3. ПРОГРАММНАЯ АРХИТЕКТУРА

Исходя из поставленной задачи, было решено разрабатывать архитектуру на мультипарадигмальном языке программирования JavaScript. Для удобства работы с серверной составляющей проекта была выбрана популярная серверная платформа Node.js.

Node.js как среда исполнения, обеспечивает для программ, написанных на JavaScript, доступ к недоступным из контекста браузера API и базовым функциям операционной системы, например:

- Взаимодействие с устройствами ввода-вывода через собственный API, написанный на языке C++
- Подключение сторонних библиотек, реализованных на разных языках программирования
- Разработка нативных приложений для разных операционных систем

Графический интерфейс пользователя реализован удобным и кроссплатформенным решением, представляющим HTML страницу, данные поступают на сторону клиента через WebSocket соединение. Для отправки данных определенных графиков используются сообщения определяющие какое именно окно графиков потребуется обновить и пересчитать, чтобы отправить на клиентский графический интерфейс в визуализированном виде требуемый график.

Технология WebSocket была выбрана по нескольким причинам: соединение происходит поверх TCP/IP, определяет API для установки соединения между браузером и сервером и при помощи него можно передавать любой объем данных, без появления дополнительной нагрузки на сервер.

Реализованная архитектура, подразумевает серверный скрипт постоянно слушающий канал на наличие сообщений и в зависимости от содержания сообщения решается какое именно действие производится:

- Включить запись данных в текстовый файл
- Закончить запись
- Сохранить в текстовый файл
- Отправить данные на обработку быстрым преобразованием Фурье
- Построить какой-либо из графиков

Реализован буфер данных для быстрого преобразования Фурье, в нем хранятся и накапливаются данные, поступающие с последовательного порта. Буфер может накапливать 256 значений с частотой дискретизации равной 100 Гц. Когда буфер собирает необходимое количество данных срабатывает функция, создающая новый буфер и отправляет накопленные данные и сообщение серверу для дальнейшей обработки и визуализации.

Было принято решение выполнять операции вычисления спектра через быстрое преобразование Фурье, мощности спектра и периодограмм, а также перерисовки графиков с накопительным интервалом в 10 новых значений.

Так же была реализована возможность отправлять посчитанные данные и графики на каждое открытое окно браузера, являющимся клиентом.



Разработана функция визуализации периодограммы, в которой автоматически выбирается размер окна и под него подстраиваются ширина и высота столбцов периодограммы, которые окрашиваются в заданный диапазоном цвет.

## 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была спроектирована архитектура мобильного комплекса регистрации сигнала ЭЭГ, особенностями которого являются:

- Высокая мобильность и автономность, что достигается применением современной технологии регистрации сигналов, основанной на использовании сухих электродов.
- Сетевая архитектура комплекса, позволяющая проводить многоканальную регистрацию, с записью и отображением до нескольких десятков каналов сигнала ЭЭГ.
- Возможность визуализации необработанных данных ЭЭГ и отображения спектральных характеристик сигнала в режиме реального времени с настройкой характеристик анализа и наложением фильтров.

### *Литература*

1. Brown, E. (2014). Web Development with Node and Express. Germany: O'Reilly.
2. Greshnikov I.I., Kuravsky L.S., Yuryev G.A. Principles of Developing a Software and Hardware Complex for Crew Intelligent Support and Training Level Assessment. Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis, 2021. Vol. 11, no. 2, pp. 5–30. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2021110201> (In Russ., abstr. in Engl.).
3. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I., Greshnikov I.I., and Polyakov B.Y. An approach to diagnostics based on video oculography data analysis. – The British Institute of Non-Destructive Testing, 17th International Conference on Condition Monitoring and Asset Management, June 2021.
4. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I., Yuryeva N.E. Assessing the Aircraft Crew Actions with the Aid of a Human Factor Risk Model. Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia), 2020. Vol. 13, no. 2, pp. 153–181. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130211>.
5. Niedermeyer E. Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields / Niedermeyer E., da Silva F.L. – Lippincott Williams & Wilkins, 2004.
6. Warner, R. M. (1998). Spectral analysis of time-series data. New York: Guilford Press.





# On the Experience of Developing a Mobile Complex for Recording the Brain Electrical Activity on the Meringue of Dry Electrode Technology

**Grigory A. Yuryev\***

Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-6562>  
e-mail: [g.a.yuryev@gmail.com](mailto:g.a.yuryev@gmail.com)

**Lev S. Kuravsky\*\***

Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3375-8446>  
e-mail: [l.s.kuravsky@gmail.com](mailto:l.s.kuravsky@gmail.com)

**Nataliya E. Yuryeva\*\*\***

Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1419-876X>  
e-mail: [yurieva.ne@gmail.com](mailto:yurieva.ne@gmail.com)

The technology of creating a mobile complex for registration of the brain electrical activity, for recording an electroencephalographic signal with one channel, is considered. Previously, technological problems associated with insufficient sensitivity and selectivity in the sense of signal-to-noise ratio did not allow the use of electroencephalographic activity recording systems based on the so-called dry electrodes in practical applications. At the same time, even with a small number of leads, such signals, when recorded, for example, from the visual cortex localized in the occipital region of the brain can be extremely informative in the context of the operator activity analysis and other types of human activity, in which arbitrary control of attention plays an essential role. This paper considers the experience of creating a mobile autonomous complex for recording such signals for the tasks of monitoring the characteristics of the operator's activities in scientific applications. The design features of such a device, created based on Node MCU technology, which is gaining wide distribution in embedded systems, proprietary narrowband amplifiers of the electric signal and dry electrodes created by industry in the last decade, are described. Some examples of practical application of such a complex are given. The most promising directions for the development of technology are discussed.

**Keywords:** human-machine interfaces, electroencephalography, dry electrodes, Node MCU.

## For citation:

Yuryev G.A., Kuravsky L.S., Yuryeva N.E. On the Experience of Developing a Mobile Complex for Recording the Brain Electrical Activity on the Meringue of Dry Electrode Technology. *Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis*, 2022. Vol. 12, no. 3, pp. 40–48. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120303> (In Russ., abstr. in Engl.).





**\*Grigory A. Yuryev**, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, head of department, Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-6562>, e-mail: [g.a.yuryev@gmail.com](mailto:g.a.yuryev@gmail.com)

**\*\*Lev S. Kuravsky**, Doctor of Engineering, professor, Dean of the Computer Science Faculty, Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3375-8446>, e-mail: [l.s.kuravsky@gmail.com](mailto:l.s.kuravsky@gmail.com)

**\*\*\*Nataliya E. Yuryeva**, PhD in Engineering, Research Fellow, Information Technology Center for Psychological-Ecological Studies of the Faculty Newsletter-Technologies, Research Associate, Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1419-876X>, e-mail: [yurieva.ne@gmail.com](mailto:yurieva.ne@gmail.com)

### **References**

1. Brown, E. (2014). Web Development with Node and Express. Germany: O'Reilly.
2. Greshnikov I.I., Kuravsky L.S., Yuryev G.A. Principles of Developing a Software and Hardware Complex for Crew Intelligent Support and Training Level Assessment. Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis, 2021. Vol. 11, no. 2, pp. 5–30. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2021110201> (In Russ., abstr. in Engl.).
3. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I., Greshnikov I.I., and Polyakov B.Y. An approach to diagnostics based on video oculography data analysis. – The British Institute of Non-Destructive Testing, 17th International Conference on Condition Monitoring and Asset Management, June 2021.
4. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I., Yuryeva N.E. Assessing the Aircraft Crew Actions with the Aid of a Human Factor Risk Model. Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia), 2020. Vol. 13, no. 2, pp. 153–181. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130211>.
5. Niedermeyer E. Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields / Niedermeyer E., da Silva F.L. – Lippincott Williams & Wilkins, 2004.
6. Warner, R.M. (1998). Spectral analysis of time-series data. New York: Guilford Press.

Получена 12.07.2022

Принята в печать 21.09.2022

Received 12.07.2022

Accepted 21.09.2022

## О методе распознавания голосовых команд с применением особого преобразования спектральных плотностей

*Левонич Н.И.\**

Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8580-0490>  
e-mail: [levonikitech@yandex.ru](mailto:levonikitech@yandex.ru)

В статье рассмотрен новый подход к решению частной задачи распознавания речи. Задача ставится как задача распознавания голосовых команд заданной длины в словах, в которой на каждой позиции может стоять определенный набор слов. Наборы слов не пересекаются по позициям. Для решения данной задачи разработаны модели, совмещающие спектральный анализ, свёрточные нейронные сети и наивный байесовский классификатор. Произведен сравнительный анализ нескольких разработанных моделей, выбрана лучшая, разработан графический интерфейс для взаимодействия с моделью. Полученный результат может использоваться в качестве базового при создании методов распознавания речи для голосовых интерфейсов.

**Ключевые слова:** автоматическое распознавание речи, спектральный анализ, свёрточные нейронные сети.

**Для цитаты:**

*Левонич Н.И.* О методе распознавания голосовых команд с применением особого преобразования спектральных плотностей // Моделирование и анализ данных. 2022. Том 12. № 3. С. 49–57. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120304>

### 1. ВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее актуальных проблем в области человеко-машинных интерфейсов в настоящий момент является создание голосовых интерфейсов. Это направление включает в себя исследования в области распознавания речи, синтеза речи, обработки естественного языка и интеллектуальной интерпретации речи.

В настоящее время существует несколько подходов к распознаванию речи для разных модулей системы распознавания речи. Эти модули – акустическая модель,

\**Левонич Никита Ильич*, студент, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8580-0490>, e-mail: [levonikitech@yandex.ru](mailto:levonikitech@yandex.ru)



языковая модель и декодер. Современные средства распознавания речи комбинируют различные методы: алгоритм динамической трансформации временной шкалы, методы дискриминантного анализа, основанные на байесовской дискриминации, скрытые марковские модели, нейронные сети.

Акустическая модель – это функция, принимающая на вход признаки на небольшом участке акустического сигнала (фрейме) и выдающая распределение вероятностей различных фонем на этом фрейме. Самой популярной моделью акустического моделирования являются скрытые марковские модели, однако в свежих работах [1] встречаются модели, использующие рекуррентные нейронные сети, в частности LSTM-сети (сети долгой краткосрочной памяти), и нейросетевую темпоральную классификацию (СТС).

Языковые модели позволяют учитывать контекст и выяснять, какие последовательности слов и фонем являются наиболее вероятными с точки зрения текущего контекста. Современные средства языкового моделирования так же используют рекуррентные нейронные сети.

Декодер на базе вероятностей, предоставленных акустической и языковой моделью, выбирает конкретную речевую единицу.

## 2. НОВЫЙ ПОДХОД К РАСПОЗНАВАНИЮ РЕЧИ

В данной статье рассмотрен новый подход к решению частной задачи распознавания речи, а именно к распознаванию голосовых команд заданной длины в словах, в которой на каждой позиции может стоять определенный набор слов и эти наборы не пересекаются по позициям.

Схема команд, представленных в данном наборе (граф переходов между словами), представлена на рисунке 1.

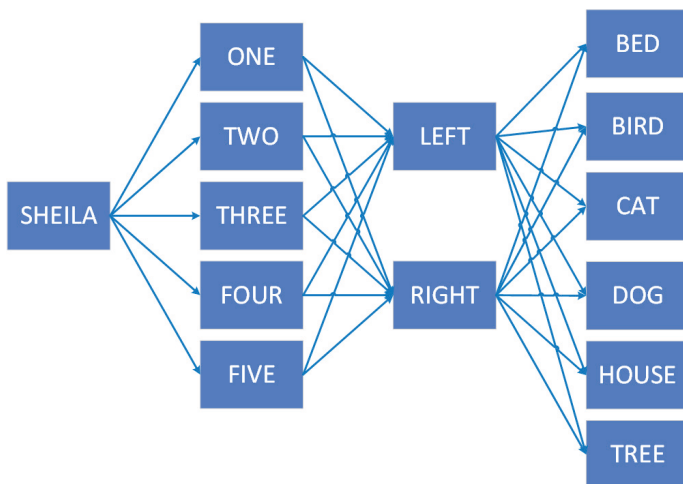


Рис. 1. Граф построения голосовой команды.



С целью создания модели для распознавания был собран набор данных – записей различных голосовых команд, сделанных разными дикторами. Записи набора данных были сделаны шестьюдесятью дикторами. Всего исходный набор данных содержит 1129 голосовых команд. Максимальная продолжительность звукового сигнала команды 4 секунды.

На данном наборе данных можно поставить 2 задачи многоклассовой классификации: классификация произнесенных команд – 60-ти классовая классификация, поиск и классификация произнесенных слов – 14-ти классовая классификация.

В рамках данной статьи будет рассмотрено решение задачи 14-ти классовой классификации произнесенных слов, так как на данном наборе данных она представляется более разрешимой. Базовым методом для решения данной задачи был выбран метод анализа спектральных плотностей [2] с помощью свёрточных нейронных сетей [3].

Разделение сигналов на слова производилось с помощью оконного подсчета энергии сигнала и выборке областей, в которых энергия больше энергии шума.

С целью улучшения разделения слов и дальнейшей дискриминации был предложен метод предобработки спектрограмм. Сущность метода – логарифмирование с предварительным прибавлением перцентиля спектрограммы и минимального значения сигнала (шага амплитуды)  $\epsilon$ . Одна из реализаций метода выражается формулой 1 (используется 85-тый перцентиль). К полученной модифицированной логарифмированной спектрограмме было применено масштабирование к диапазону [0; 255] и взятие целой части (формула 2).

$$S_{xx_{modified}} = \log(S_{xx} + p_{85} + \epsilon) \quad (1)$$
$$S_{xx_{scaled}} = \left\lfloor \frac{S_{xx_{modified}} - \min(S_{xx_{modified}})}{\max(S_{xx_{modified}}) - \min(S_{xx_{modified}})} * 255 \right\rfloor \quad (2)$$

Расчет исходных спектрограмм осуществлялся до разделения на слова, на частотах 8–3064 Гц с шагом 8 Гц. По времени спектрограмма команды была посчитана в 285 точках, что соответствует приблизительно 14-ти миллисекундному шагу.

Модифицированные спектрограммы были разбиты на слова ранее описанным методом. В качестве энергии в этом случае выступала сумма амплитуд. Максимальная длина слова в выборке при разбиении 105 отсчетов спектрограммы (что примерно соответствует 1,47 секундам). Все полученные спектрограммы слов были преобразованы к размеру 382x105, путем добавления нулевых столбцов в матрицу справа от матрицы спектрограммы.

На подготовленных таким образом данных была обучена свёрточная модель архитектуры, изображенной на рисунках 2–3.

Данная модель была обучена оптимизатором Adam, с шагом обучения 0.002. Перед началом обучения обе выборки были разбиты на обучающую и контрольную подвыборки, в отношении 75 % и 25 %. В подвыборках сохранялось исходное соотношение классов. По результатам обучения данной модели на тестовой выборке было получено 97.09 % (Рисунок 4).

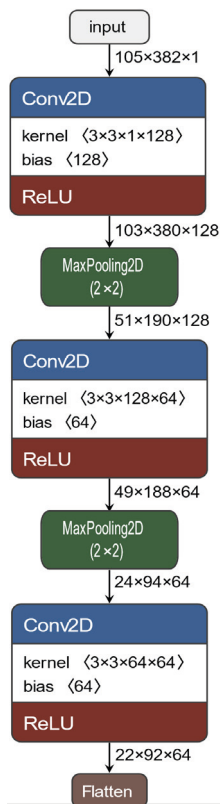


Рис. 2. Архитектура свёрточной модели (свёрточная часть).

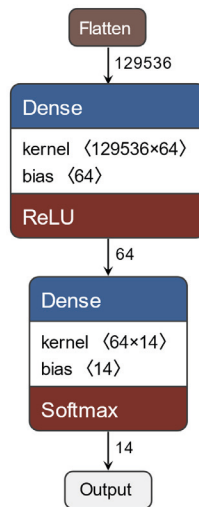


Рис.3. Архитектура свёрточной модели (полносвязная часть).

При использовании данной модели для распознавания команд 873 из 1129 команд были распознаны верно, что соответствует  $\sim 77\%$ .

С целью улучшения качества распознавания была предпринята попытка обучить отдельные полносвязные модели для каждой позиции. Все отдельные модели базировались на общих свёрточных слоях, изображенных на рисунке 2. Архитектура отдельных моделей изображена на рисунке 5 (модели идут слева на право, также как в графе переходов между словами). Модели позволяют различать соответствующие позиции слова между собой и отличать их от других слов.

Данные модели были обучены оптимизатором Adam, с шагом обучения 0.002. Перед началом обучения обе выборки были разбиты на обучающую и контрольную подвыборки, в отношении 75 % и 25 %.

Максимальная достигаемая с применением данного метода доля верных ответов на тестовой выборке – 98 % слов. Однако при распознавании команд данный метод показал себя хуже. 841 из 1129 команд были распознаны верно, что соответствует  $\sim 74\%$ .



Рис. 4. Доля верных ответов на контрольной выборке.

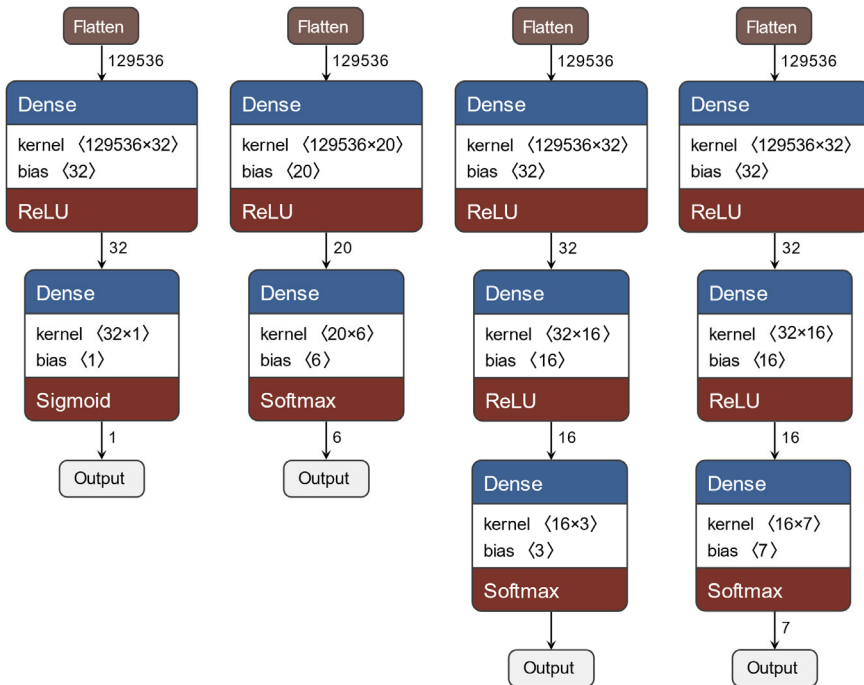


Рис. 5. Архитектуры отдельных полносвязных моделей.

Еще одним подходом, который был применен при решении данной задачи – наивный байесовский классификатор на выходах нейросети, изображенной на рисунках 2 и 3. При обычной интерпретации выходов нейросети берется аргумент максимизации выходного слоя (формула 3).



$$output = \arg \max f(x) \quad (3)$$

При использовании наивного байесовского классификатора [4] аргумент максимизации берется от произведения входа нейросети на априорную вероятность класса  $P_{output}$ , которая задается графом переходов между словами (формула 4).

$$output = \arg \max P_{output} f(x) \quad (4)$$

Конкретные априорные вероятности слов для каждой позиции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Априорные вероятности слов на позиции

	1	2	3	4		1	2	3	4
<b>bed</b>	0	0	0	$\frac{1}{6}$	<b>left</b>	0	0	$\frac{1}{2}$	0
<b>bird</b>	0	0	0	$\frac{1}{6}$	<b>one</b>	0	$\frac{1}{5}$	0	0
<b>cat</b>	0	0	0	$\frac{1}{6}$	<b>right</b>	0	0	$\frac{1}{2}$	0
<b>dog</b>	0	0	0	$\frac{1}{6}$	<b>sheila</b>	1	0	0	0
<b>five</b>	0	$\frac{1}{5}$	0	0	<b>three</b>	0	$\frac{1}{5}$	0	0
<b>four</b>	0	$\frac{1}{5}$	0	0	<b>tree</b>	0	0	0	$\frac{1}{6}$
<b>house</b>	0	0	0	$\frac{1}{6}$	<b>two</b>	0	$\frac{1}{5}$	0	0

При использовании данного метода верно были классифицированы 977 из 1129 команд, точность классификации составила 87 %.

Для демонстрации, обученной по предложенному методу, нейросети было разработано настольное программное обеспечение на языке Python с использованием графического интерфейса Kivy [5]. Данное приложение использует модель с наивным байесовским классификатором. Разработанное программное обеспечение представляет собой, однооконное приложение, которое позволяет выбрать файл и распознать его. Пример работы приложения изображен на рисунке 6.

Приложение считывает аудиофайл с диска, строит график и спектрограмму исходного сигнала (левая верхняя четверть), фильтрует шумы и строит график и спектрограмму отфильтрованного сигнала (правая верхняя четверть). После чего сигнал разбивается на слова, спектрограммы которых изображаются в левой нижней

четверти. Ответы модели в виде распознанной фразы и исходных (до применения байесовского аргумента максимизации) максимальных вероятностей выводятся в правой нижней четверти.

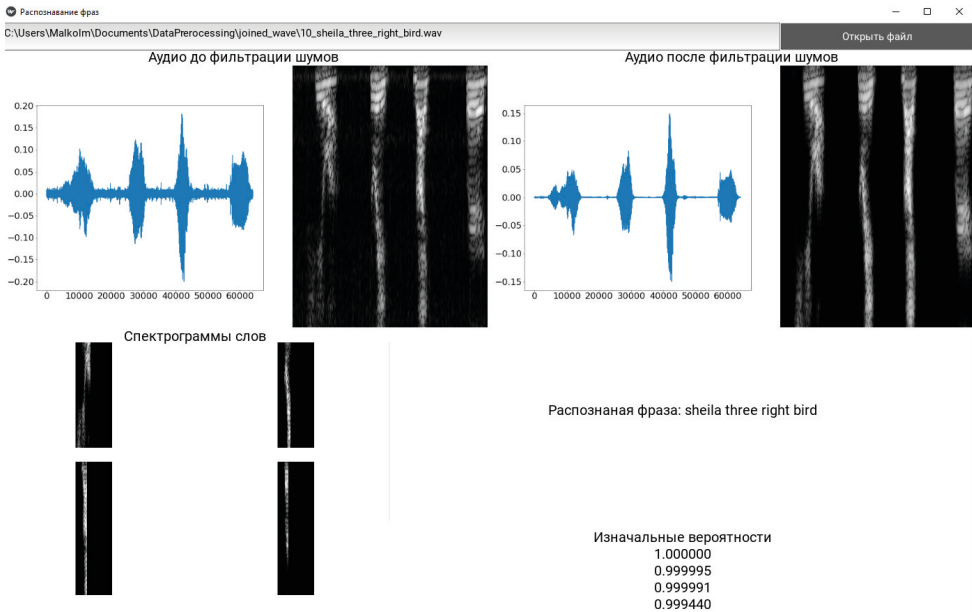


Рис. 6. Пример работы приложения.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе предложен новый метод обработки спектрограмм, который существенно повышает сходимость обучения свёрточных нейронных сетей для решения задачи классификации произнесенных слов. С помощью него разработан метод распознавания голосовых команд, который на представленной выборке дает точность классификации 87 %. Данный результат является достаточно высоким, однако не достаточным для практического применения, его необходимо усовершенствовать. Одним из путей усовершенствования может быть распознавание фразы целиком, однако такая модель будет более тяжеловесной и, возможно, потребует более объемной выборки.

#### Литература

1. Sak, Haşim, et al. "Fast and accurate recurrent neural network acoustic models for speech recognition." arXiv preprint arXiv:1507.06947 (2015).
2. Л.С. Куравский, С.Н. Баранов. Компьютерное моделирование и анализ данных. Конспекты лекций и упражнения: Учеб. пособие. – М.: РУСАВИА, 2012. – 218 с.:
3. Dumoulin, Vincent, and Francesco Visin. "A guide to convolution arithmetic for deep learning." arXiv preprint arXiv:1603.07285 (2016).





4. *Ch, Read, and ML MAP.* “Bayesian learning.” book: Machine Learning. McGraw-Hill Science/Engineering/Math (1997): 154–200.
5. *Virbel, Mathieu, Thomas Hansen, and Oleksandr Lobunets.* “Kivy—a framework for rapid creation of innovative user interfaces.” Workshop-Proceedings der Tagung Mensch & Computer 2011. überMEDIEN| ÜBERmorgen. Universitätsverlag Chemnitz, 2011.



# Voice Commands Recognition Method that Uses Special Spectral Density Transform

**Nikita I. Levonovich\***

Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8580-0490>

e-mail: [levonikitech@yandex.ru](mailto:levonikitech@yandex.ru)

This article discusses new approach to solving specific problem of speech recognition. The problem is formulated as problem of command recognition. Commands have equal lengths (in words). Each word position has its own set of word candidates. There were developed the models for solving this problem. The models consist of spectral density estimator, convolutional neural networks and naive Bayes classifier. The author performed a comparative analysis of the models and selected the best. There was developed a graphical user interface for interacting with the best model. The result can be used as a base for creation speech recognition methods for voice user interfaces.

**Keywords:** automatic speech recognition, spectral density estimation, convolutional neural networks.

## For citation:

Levonovich N.I. Voice Commands Recognition Method that Uses Special Spectral Density Transform. *Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis*, 2022. Vol. 12, no. 3, pp. 49–57. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120304> (In Russ., abstr. in Engl.).

## References

1. Sak, Haşim, et al. “Fast and accurate recurrent neural network acoustic models for speech recognition.” arXiv preprint arXiv:1507.06947 (2015).
2. L.S. Kuravskii, S.N. Baranov Komp’yuternoe modelirovanie i analiz dannykh. Konspekty lektsii i uprazhneniya: Ucheb. posobie. – M.: RUSAVIA, 2012. – 218 p.
3. Dumoulin, Vincent, and Francesco Visin. “A guide to convolution arithmetic for deep learning.” arXiv preprint arXiv:1603.07285 (2016).
4. Ch, Read, and ML MAP. “Bayesian learning.” book: Machine Learning. McGraw-Hill Science/Engineering/Math (1997): 154–200.
5. Virbel, Mathieu, Thomas Hansen, and Oleksandr Lobunets. “Kivy—a framework for rapid creation of innovative user interfaces.” Workshop-Proceedings der Tagung Mensch & Computer 2011. überMEDIEN| ÜBERmorgen. Universitätsverlag Chemnitz, 2011.

\***Nikita I. Levonovich**, Student, Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8580-0490>, e-mail: [levonikitech@yandex.ru](mailto:levonikitech@yandex.ru)

## ◆◆◆◆◆ МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ◆◆◆◆◆

УДК 372.851

### Из опыта работы в режиме дистанционного обучения

**Куланин Е.Д.\***

Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6093-7012>  
e-mail: [lucas03@mail.ru](mailto:lucas03@mail.ru)

**Степанов М.Е.\*\***

Московский государственный психолого-педагогический университет  
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4803-8211>  
e-mail: [mestepanov@yandex.ru](mailto:mestepanov@yandex.ru)

В статье с широкой точки зрения обсуждаются вопросы, связанные с методами и методиками дистанционного образования, а также вопросы, относящиеся к преподаванию математики в современных условиях. Рассматриваются как положительные, так и отрицательные факторы, связанные с дистанционным образованием. В своих суждениях авторы опираются на опыт работы на факультете информационных технологий МГППУ.

**Ключевые слова:** дистанционное образование, формы обучения, информационные носители, средства массовой информации, программное обеспечение, электронные информационные ресурсы, вебинар, Cisco Webex, контроль, формы обучения, процесс обучения.

#### Для цитаты:

Куланин Е.Д., Степанов М.Е. Из опыта работы в режиме дистанционного обучения // Моделирование и анализ данных. 2022. Том 12. № 3. С. 58–70. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120305>

\***Куланин Евгений Дмитриевич**, кандидат физико-математических наук, профессор, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6093-7012>, e-mail: [lucas03@mail.ru](mailto:lucas03@mail.ru)

\*\***Степанов Михаил Евграфович**, кандидат педагогических наук, доцент, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4803-8211>, e-mail: [mestepanov@yandex.ru](mailto:mestepanov@yandex.ru)



## **1. ВВЕДЕНИЕ**

В 2020 году произошло событие, которое стало неожиданностью для большинства жителей Земного Шара. Началась пандемия нового вируса ковид-19. По всему миру были объявлены ограничения, которые можно расценивать как карантин в мировом масштабе. Хотя он проходил в режиме самоизоляции, всё же значительно повлиял на психологическое и физическое состояние людей в худшую сторону. Так или иначе, человечество оказалось в совершенно новом состоянии. Ограничения оказали отрицательное влияние на все сферы общественной жизни. В полной мере это относится и к образованию. Традиционные формы обучения и воспитания были в массовом порядке заменены на дистанционное обучение (ДО). Фактически все работники сферы образования более года работали в режиме ДО. В частности, это относится к авторам данной статьи. В результате они получили определённое представление о процессах, которые происходили и происходят в образовании. Конечно, высказанные ниже мнения о происходящем являются всего лишь итогами размышлений рядовых участников глобальных процессов. Ход этих процессов следует осмысливать мировому научному сообществу. Тем не менее, хочется надеяться, что даже соображения отдельных участников столь важных перестроений в сфере образования могут оказаться интересными для коллег-преподавателей.

## **2. О НЕКОТОРЫХ ФАКТАХ ИСТОРИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Дистанционное обучение, хотя бы в зачаточных формах, имеет тот же возраст, что и письменность. По крайней мере, книги – это часто не только учебники, но и учителя. Достаточно вспомнить слова Максима Горького: «Всеми лучшему в себе я обязан книгам».

Библиотека в её традиционной форме – это прообраз учреждения, предназначенного для дистанционного обучения. Тем более это относится к такому феномену советских времён, как «Книга почтой».

Как и книга, любой информационный носитель может являться средством ДО. Точно также и средства массовой информации обладают возможностями для их использования в рамках ДО. Кино, радио и телевидение в советскую эпоху не редко использовались в этих целях. Упомянем о научно-популярных фильмах, а также о познавательных радио- и телепередачах, в том числе об учебном телевизионном канале, где лекции читали прекрасные специалисты.

Перейдём, однако, непосредственно к сфере образования, поскольку перечисленные выше средства не использовались системно.

В Советском Союзе в вузах применялись три формы обучения: очное, вечернее и заочное. Каждая из этих форм характеризовалась в известной шутке. Чтобы учиться очно требуются трудолюбие, желание и терпение. Чтобы учиться на вечернем отделении требуются желание и терпение. Наконец, чтобы учиться заочно требуются только терпение. Понятно, что здесь акцент сделан на недостатках заочного обучения.



Посмотрим на него с иных позиций и в общих чертах опишем структуру заочного обучения.

- Цель – обучение без отрыва от производства и смены местожительства.
- Основа – традиционный ВУЗ, педагогический коллектив, содержание образования, методики обучения.
- Особенности: разделение на учебные сессии (приезд в ВУЗ, лекции, практические работы, зачёты, экзамены, а также установочные занятия и выдача наборов учебных материалов) и на периоды самостоятельной работы.
- Проблемы – недостаток общения с преподавателями и студенческим коллективом. Сложности с установлением самостоятельности исполнения заданий. Проблемы с практикой, характеризующиеся шуткой: хирург-заочник.

Очевидно, что ДО отчасти использует подходы, которые применялись в заочном образовании, но на совершенно иной технологической основе.

Мысль о ДО в современном понимании возникла в ходе развития компьютерных и сетевых технологий. В результате появилась возможность общения преподавателя и студента, которые разделены огромными расстояниями. При этом сохраняется визуальный и вербальный контакт. Новую, электронную форму обрели учебные материалы. При этом они часто обладают совершенно новыми возможностями, вплоть до создания виртуальной реальности.

Понятно, что в такой ситуации мысль о широком внедрении ДО получила самое широкое распространение. Хотя и высказывались сомнения в отношении возможностей ДО, отношение к нему в целом было положительным. И это было вполне понятно. Дело в том, что на этом этапе ДО рассматривалось не как технология, заменяющая традиционные формы образования, а как средство расширения возможностей уже существующей сферы образования.

Примером сферы предполагаемого применения ДО являлась индивидуальная работа преподавателя со студентом, у которого ограничены возможности перемещения. Умозрительный анализ такого режима работы позволяет увидеть скорее его положительные стороны. Недостатки же усматриваются с трудом. Только опыт непосредственной работы позволяет эти недостатки выявить. А поскольку массового внедрения ДО не было, то о недостатках дистанционного обучения не было особого основания говорить.

Итак, до начала пандемии ДО оценивалось в целом положительно. При этом, повторим ещё раз, главной причиной этого было то, что ДО должно было дополнять традиционные формы образования, а не заменять их. Оно должно было расширять возможности, которые имелись у обучения, основанного на непосредственном личном общении.

### **3. СПЕЦИФИКА СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА ВНЕДРЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Важнейшей особенностью современного этапа внедрения ДО состоит в том, что вынужденно производится повсеместная замена традиционной формы образования



на ДО. А ведь как мы отмечали исходно рассматривалась ситуация дополнения традиционной системы образования и внедрения ДО в новые сферы.

Такая смена целей привела к определённом шоку в широких кругах общества. При этом ряд высокопоставленных государственных чиновников на фоне высочайшего напряжения населения, вызванного множеством различных проблем, высказывают твёрдую уверенность в том, что в скором времени произойдёт демонтаж традиционных форм образования и полный переход на цифровые технологии.

Сразу, предвзято свои основанные на практическом опыте соображения, высказав свою глубокую убежденность в том, что вытеснение традиционных форм образования дистанционным обучением допустимо только на время и только в силу необходимости.

В Федеральном законе РФ «Об образовании в Российской Федерации» имеется статья 16 «Реализация образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий». Здесь даётся определение электронного обучения и положения самого общего характера, связанные с применением ДО. В частности даётся следующее указание: «При реализации образовательных программ с применением исключительно электронного обучения, дистанционных образовательных технологий в организации, осуществляющей образовательную деятельность, должны быть созданы условия для функционирования электронной информационно-образовательной среды, включающей в себя электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы, совокупность информационных технологий, телекоммуникационных технологий, соответствующих технологических средств и обеспечивающей освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся».

Начнём именно с этого круга вопросов. Прежде всего, поговорим о технической оснащённости участников ДО. Речь идёт как о преподавателях, так и о студентах. В настоящее время, как правило, и те, и другие самостоятельно приобретают компьютерную технику и оплачивают услуги сетевых провайдеров. Надо полагать, что данный вопрос должен быть рассмотрен законодателями. Поясним, в чём здесь основная проблема.

Прежде всего, при самостоятельном обеспечении техникой студенты, имеющие различный уровень обеспеченности, могут пользоваться устаревшей или не вполне исправной техникой. Опыт нашей работы показывает, что при невыполнении заданий учащиеся часто ссылаются на проблемы с компьютерной техникой. Понятно, что при современном уровне финансирования образования нет возможности переложить на вуз обеспечение компьютерной техникой преподавателей и студентов. Сюда же относятся вопросы ремонта этой техники и обеспечения участников ДО сетевой связью. Так или иначе, но данную проблему необходимо поставить и рассмотреть.

Следующий круг вопросов связан с качеством программного обеспечения (ПО), используемого в рамках ДО. Проблемы есть и здесь. Но прежде, чем говорить о них, следует отметить, что существующие средства позволяют проводить занятия достаточно успешно. Прежде всего, речь идёт о лекционной части занятий, то есть о монологе лектора, изредка прерываемом вопросами студентов.



Несовершенство существующего программного обеспечения связано с неоправданной сложностью его использования. ПО необходимо улучшать по ряду параметров. В частности, у лектора пока нет инструмента, равного обычной аудиторной доске. Нужен инструмент, превращающий экран компьютера в электронную доску, на которой можно писать электронным карандашом. Использование мыши при письме резко ухудшает качество визуальной информации на экране.

Кроме того, до предела должна быть упрощена многооконная демонстрация различных материалов. Возможно, при этом на характеристики демонстрируемых электронных документов придётся наложить дополнительные требования. Главное, чтобы была возможность свободного перехода от одного документа к другому.

Тот факт, что занятия на факультете ИТ сначала проводились с помощью одного вида ПО (система дистанционного обучения Mirapolis LSM), а затем были переведены на ПО другого вида (сервис вебинаров и веб конференции Cisco Webex), подтверждает несовершенство программного обеспечения. Что касается Cisco Webex, то по освоению методов работы в этой системе были проведены курсы повышения квалификации.

Если перейти к семинарской форме занятий в режиме ДО, то недостатки вебинара проявляются более ярко. При этом проблемы связаны не столько с недостатками программного обеспечения, сколько с особенностями удалённой работы. Например, речь идёт о контроле за фактическим присутствием студентов на занятиях. Дело в том, что студент может появиться в списке присутствия, но после этого заняться своими делами. Одним из способов убедиться в присутствии студента является просьба отозваться на обращение к нему. На это уходит полезное время занятий. При этом студенты, которые упорно не отзываются на обращения преподавателя, в дальнейшем ссылаются на сбои в работе либо компьютера, либо сети. Держать на экране все видеообразы присутствующих студентов – тоже не лучший способ контроля, поскольку экранное пространство ограничено и его необходимо использовать для учебных целей.

Решение данной проблемы предполагает использование средств администрирования. Должны быть прописаны требования к студенту, обеспечивающие гарантированный контроль за его присутствием.

Здесь нужно добавить, что группа, в которой проводятся занятия, как правило, распадается на подгруппы:

- ответственные студенты, которые не только присутствуют, но и активно занимаются;
- студенты, которые присутствуют на занятиях, в частности отзываются, но активно не работают;
- студенты, которые фактически отсутствуют на занятиях, но пытаются скрыть этот факт.

Административные меры следует применять только к этой, последней группе. Однако надо признать, что в настоящее время и в традиционном режиме преподавания административные меры таких студентов по ряду причин не могут заставить



выполнять их обязанности. Но, так или иначе, требования к соответствующему контингенту должны быть прописаны.

Ещё одной проблемой семинарской формы занятий в режиме ДО, значительно более важной, чем контроль за присутствием студентов на занятии, является вопрос о самостоятельной работе студентов. Поговорим об этом подробнее. Прежде всего, отметим, что та же проблема стоит и в случае традиционной формы образования. Однако в режиме ДО данная проблема приобретает несколько иной характер и обостряется. Но в любом случае решение этой проблемы связано с многочисленными вопросами организационного и методического характера.

При традиционной форме преподавания преподаватель имеет возможность дать задачу по изучаемой теме и пройти по аудитории, чтобы выяснить степень готовности каждого студента к решению соответствующей задачи. При этом одним студентам можно оказать помощь, другим выразить благодарность за хорошую работу или, наоборот, порицание. В режиме ДО такая возможность отсутствует.

Таким образом, складывается следующая ситуация. На семинарское занятие выделяется определённое время, значительная часть которого должна быть использована для самостоятельного решения задач студентами. При этом сколько-нибудь эффективный контроль за индивидуальной работой студентов невозможен. В результате часто семинарское занятие принимает форму занятия лекционного. Преподаватель предлагает студентом задачу за задачей и сам же их решает. В лучшем случае к решению задач подключается весьма небольшой коллектив активных студентов.

Одним из возможных вариантов решения данной проблемы представляется следующая схема работы, которая, конечно, должна быть согласована с руководством кафедры, факультета или вуза. На семинарском занятии преподаватель излагает материал, необходимый для решения определённого класса задач, а также решает одну из таких задач. Затем он предлагает каждому из студентов набор задач для самостоятельного решения. При этом все задачи имеют индивидуальный характер, то есть нет задач, которые одинаковы для кого-либо из студентов. Проще всего это сделать, давая сходные по форме задачи с различными исходными данными. После этого студенты уходят с вебинара на самостоятельную работу. Решения задач они высылают преподавателю по почте. Преподаватель может указать последний срок выполнения данного задания.

Приведём пример выдачи индивидуальных заданий по курсу обыкновенных дифференциальных уравнений. Отметим, что некоторые дополнительные задания (в примере задания 3 и 4) могут быть общими для всех студентов. Однако основные задания (в примере задания 1 и 2) обязательно должны иметь индивидуальный характер.

**Задание 1.** Дано дифференциальное уравнение вида  $y'' + py' + qy = 0$  с целыми коэффициентами, характеристический многочлен которого имеет комплексные корни. Найдите общее действительное решение этого дифференциального уравнения. Коэффициенты  $p$  и  $q$  заданы в таблице.

**Задание 2.** Найдите частное решение этого дифференциального уравнения с начальными условиями  $y(0) = 0, y'(0) = 1$ .





**Задание 3.** Найдите корни характеристического многочлена дифференциального уравнения  $y''' - y = 0$ . Изобразите эти корни на комплексной плоскости.

**Задание 4.** Используя предыдущее задание, найдите общее решение дифференциального уравнения  $y''' - y = 0$ .

Фамилия	p	q
Антипов Дмитрий	8	17
Афанасьев Дмитрий	6	10
Бакунев Алексей	4	5
Бескибалов Нестор	2	2
Воронина Софья	-2	2
Евсиков Семён	-4	5
Епанешников Александр	-6	10
Зайцева Анастасия	-8	17
Ковченков Илья	8	20
Лапшин Данила	6	13
Левина Полина	4	8
Левонович Никита	2	5
Мосин Игорь	-2	5
Мурзин Даниил	-4	8
Поляничев Григорий	-6	13
Селивёрстов Василий	-8	20
Синяткина Екатерина	8	25
Терентьев Данила	6	18
Точилин Алексей	4	13
Юматов Андрей	2	10

При рассмотрении предлагаемой схемы проведения семинарских занятий может возникнуть вопрос о недопустимом сокращении рабочего времени преподавателя. Речь идёт о той части семинарского занятия, которое предоставляется студентам для самостоятельного решения задач. На самом деле такая постановка вопроса неправомерна. Дело в том, что использование индивидуальных заданий предполагает повышение нагрузки на преподавателя при составлении этих многочисленных заданий.

Здесь можно отметить, что естественные для традиционного обучения формы организации занятий, например, классно-урочная система обучения в случае ДО может быть подвергнута преобразованию.

В этой связи следует отметить, что при переходе на ДО происходит значительный рост нагрузки и у преподавателей, и у студентов. Естественно, речь идёт о студентах, добросовестно выполняющих свои обязанности. Так, например, время семинара, на котором задачи решает преподаватель, не может быть использовано студентом для самостоятельной работы. Решать задачи, изучаемых видов, нужно в свободное время.

Но, конечно, повышение нагрузки преподавателя является наиболее значительным. Прежде всего, сама по себе внезапная смена традиционной формы занятий на



ДО принесла с собой значительную психологическую нагрузку, связанную со сменой привычного ритма работы на совершенно новый.

Преподаватели должны были освоить новые приёмы работы и продумать многочисленные вопросы, возникающие при новых формах преподавания. При этом не было возможности получить какие-либо рекомендации или помощь иного характера. Курсы повышения квалификации по Cisco Webex имели иной характер. В известном смысле они только повысили нагрузку на многих преподавателей без приобретения навыков, принципиально облегчающих работу в режиме ДО. Здесь в очередной раз проявился фактор неожиданного и внезапного перехода на ДО вместо постепенного его внедрения. При этом создаётся впечатление, что предварительной разработки методов ДО за исключением создания программных средств не проводилось.

Так или иначе преподавателям при внезапном переходе на ДО пришлось работать по ряду направлений, например, модифицировать учебные материалы. Речь идёт как о лекционных, так и о семинарских занятиях. Естественно, все эти материалы имеют электронный характер. Конечно, в интернете можно найти классические учебники по математике, но опыт показывает, что требуется разрабатывать электронные тексты с предельно концентрированным информационным наполнением.

Приведём пример такого текста, содержание которого относится к курсу уравнений математической физики.

Уравнение колебаний струны с закреплёнными концами и стоячие волны.

Чтобы решить уравнение  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  методом Фурье, предполагают, что функция  $u(x, t)$  может быть представлена в виде  $u(x, t) = X(x) \cdot T(t)$ .

В итоге после подстановки в уравнение нужно решить два линейных дифференциальных уравнения с постоянными коэффициентами  $X''(x) - cX(x) = 0$  и  $T''(t) - ca^2T(t) = 0$ . При этом для решения первого уравнения должны выполняться краевые условия  $X(0) = X(l) = 0$ . Как известно, решением первого уравнения является функция  $X(x) = e^{\lambda x}$ . Можно убедиться, что только при  $c = \lambda^2 < 0$  уравнение может иметь ненулевое решение, удовлетворяющее краевым условиям. В этом случае по формуле Эйлера для мнимого значения  $\lambda$  мы получаем, что  $X(x)$  является линейной комбинацией функций  $\cos \lambda x$  и  $\sin \lambda x$ . Но из-за краевых условий косинусы входят в решение не могут. Кроме того, по той же причине  $\lambda = \frac{k\pi}{l}$ . Итак, существует бесконечно много функций вида  $X_k(x) = D_k \sin \frac{k\pi x}{l}$ , являющихся решениями первого уравнения. Наконец, поскольку  $\lambda$  является мнимым числом, то и функция  $T(t)$  является линейной комбинацией косинусов и синусов. Общее решение имеет вид  $T_k(t) = A_k \cos \frac{k\pi at}{l} + B_k \sin \frac{k\pi at}{l}$ .

В итоге же получают бесконечное множество функций вида  $X_k(x) = D_k \sin \frac{k\pi x}{l}$ , являющихся решениями уравнения для  $X(x)$ . Любая из функций  $T(t)$  является линейной комбинацией косинусов и синусов. Общее решение имеет вид  $T_k(t) = A_k \cos \frac{k\pi at}{l}$



+  $B_k \sin \frac{k\pi at}{l}$ . С помощью тригонометрических преобразований оно может быть преобразовано в выражение вида  $H_k \sin \frac{k\pi x}{l} \sin \left( \frac{k\pi at}{l} + \varphi_k \right)$

Формула  $u_k(x, t) = \sin \frac{k\pi x}{l} \bullet T_k(t)$  показывает, что все точки струны совершают колебания с одинаковой частотой  $\frac{k\pi at}{l}$  и амплитудой  $H_k \sin \frac{k\pi x}{l}$ , *зависящие от  $x$* . При этом все точки струны одновременно достигают своего максимального отклонения и одновременно проходят положение равновесия. Такие колебания струны называются стоячими волнами. Точки струны с абсциссами  $0, \frac{l}{k}, \frac{2l}{k}, \dots, \frac{(k-1)l}{k}$  являются неподвижными и называются узлами стоячей волны. Чтобы найти решение задачи Коши с заданными начальными условиями, разлагают эти условия в ряды Фурье по базису, состоящему из стоячих волн.

Общее решение имеет вид:

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} u_n(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos \frac{\pi n}{l} at + B_n \sin \frac{\pi n}{l} at) \sin \frac{\pi n}{l} x$$

Задача состоит в том, чтобы найти коэффициенты ряда Фурье, используя начальные условия  $u(x, 0) = \varphi(x)$ ,  $u_t(x, 0) = \psi(x)$ .

**Задание 1.** Найти ряд, в который разлагается функция  $u(x, 0)$ . *Указание.* Подставить в ряд значение  $t = 0$ .

**Задание 2.** Записать формулы для вычисления коэффициентов  $\{A_n\}$  ряда, в который разлагается функция  $u(x, 0)$ . *Указание.* Использовать формулы, применяемые для вычисления коэффициентов ряда Фурье. Для нечётной функции  $f(x)$  на отрезке  $[0; l]$  эти формулы имеют вид:  $f_n = \frac{2}{l} \int_0^l f(\xi) \sin \frac{\pi n \xi}{l} d\xi$ .

**Задание 3.** Найти ряд, в который разлагается функция  $u(x, 0)$ . *Указание.* Продифференцировать общее решение и подставить в ряд значение  $t = 0$ .

**Задание 4.** Записать формулы для вычисления коэффициентов  $\{B_n\}$  ряда, в который разлагается функция  $u_t(x, 0)$ . *Указание.* Использовать формулы, применяемые для вычисления коэффициентов ряда Фурье. Для нечётной функции  $f(x)$  на отрезке  $[0; l]$  эти формулы имеют вид:  $f_n = \frac{2}{l} \int_0^l f(\xi) \sin \frac{\pi n \xi}{l} d\xi$

$$u(0, t) = u(l, t) = 0, u(x, 0) = \sin \frac{\pi}{l} x + \sin \frac{3\pi}{l} x, u_t(x, 0) = 0.$$

**Задание 5.** Используя метод разделения переменных, найти решение однородного волнового уравнения  $u_{tt} = a^2 u_{xx}$ ,  $0 < x < l, t > 0$  при следующих граничных и начальных условиях:

*Указание.* Использовать полученные выше результаты.

По крайней мере, для нашего факультета актуальна ещё одна проблема, связанная с обучением студентов с дефектами зрения. С ними нужна дополнительная и



очень значительная работа. В частности, текстовые материалы необходимо продублировать звуковыми файлами. Кроме того, в случае перехода на семинарском занятии большинства студентов на самостоятельную работу преподаватель должен продолжить общение со студентами, имеющими дефекты зрения. Эта работа должна вестись в режиме диалога. Только такая форма работы помогает достичь хорошего уровня понимания у студентов, имеющих дефекты зрения.

Особый характер в режиме ДО принимает и такая традиционная часть учебного процесса, как проверка заданий. Нередко студенты присылают письма с заданиями ночью. Так или иначе, это негативно влияет на нормальный ритм работы преподавателя. Ещё одна проблема связана с тем, что ряд студентов не выполняют задания регулярно, а начинают высылать их блоками в конце семестра, несмотря на предварительные предупреждения о неправильности такого варианта выполнения работ.

Защиты курсовых и дипломных работ в режиме ДО проходят в нормальной форме и мало отличаются от традиционных защит. К сожалению, этого нельзя сказать о проведении зачётов и экзаменов. Здесь нет возможности проконтролировать насколько самостоятельно студент готовится к ответам на вопросы и решает задачи. Помощь может быть оказана либо непосредственно на месте кем-то из компетентных друзей студента, либо с помощью электронных средств связи.

#### **4. НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

В заключение выскажем своё мнение о современных формах внедрения ДО, опираясь, прежде всего, на полученный нами опыт работы в рамках ДО, а также на некоторые представления отечественной педагогической науки на проблемы образования.

Прежде всего, отметим, что традиционная форма образования опирается на непосредственное общение между людьми. ПО этой причине оно включает в себя не только интеллектуальное взаимодействие, но и все другие формы общения, например, эмоциональное. Отметим, что существуют медицинские соображения, состоящие в том, что процесс общения связан с выработкой иммунитета. Таким образом, переход на ДО может вызывать неблагоприятные последствия, о которых сейчас ещё многое неизвестно. Нужны исследования.

Укажем также на то обстоятельство, что теоретически ДО основывается на информационной концепции преподавания. В этой связи приведём две цитаты из работы [1].

Цитата 1: «Процесс обучения часто рассматривается как двусторонний процесс, в котором деятельность учителя и деятельность учащихся представляют собою взаимодействие подсистемы преподавания и подсистемы учения. В соответствии с этими принципами процесс обучения строится как система, где учитель воздействует на ученика посредством передачи информации и, в свою очередь, получает обратную информацию от ученика об уровне и устойчивости принятой информации. Учитель здесь выступает в роли ретранслятора, ученик – приемника».



Цитата 2: «Движение по вертикали предъявляет более высокие требования к педагогу, к его общей культуре, к его личностным качествам. Дело в том, что главным моментом педагогического процесса становится здесь *личностное* общение учащихся с педагогом и организуемое им общение учащихся посредством изучаемого предмета, т.е. общение, в котором педагог не выступает в качестве транслятора изучаемого предмета (что характерно для технологического обучения учащегося), а сам предмет превращается в посредника, в средство общения. Кроме того, в силу неотчуждаемости содержания духовно-практической сферы от индивида содержание этого движения не может быть передано и освоено как независимо от индивида существующая объективная информация. Оно существует только в форме его собственного самовыражения и связи с миром, как миром человеческим, т.е. опять-таки в форме общения. Следовательно, и педагогические приемы здесь связаны с личностью педагога, его самовыражением».

Не вдаваясь в подробные рассуждения, скажем, что непродуманная цифровизация как таковая повсеместно приносит разрушительные результаты. Современный телефон стал символом разобщения людей. Нужны исследования.

Приведём ещё и воспоминание одного из авторов статьи. На рубеже второго и третьего тысячелетия он работал в МГОУ (бывший МОПИ им. Н.К. Крупской). На первом занятии по одному из предметов присутствовал довольно сообразительный и активный студент, но ни на одном из последующих занятий он не был. Через несколько недель пришлось спросить, почему этот студент не ходит на занятия. Второй студент, который постоянно играл на занятиях на игровой приставке РСР, объяснил, что и тот купил такую же приставку, начал играть дома, и его отчислили. На вопрос, почему не отчисляют и его, дал чёткий ответ: «Он играл дома, а я играю здесь». В режиме ДО, надо полагать, никого не отчислят.

Коснёмся ещё и такого важного для современного административного сообщества вопроса, какой вид образования дешевле. Дело в том, что хорошо организованное ДО, как отмечалось выше, требует определённых финансовых вложений. В наше время кроме оксюморона «отрицательный рост» используется термин «оптимизация». Авторы статьи занимались и вопросами оптимизации (см. [2] – [5], но речь в рамках администрирования идёт о чём-то совершенно ином. Один из авторов статьи и в традиционной форме преподавания, и в форме ДО преподаёт семь предметов, второй – десять, но этого не хватает, чтобы обеспечить даже 0,9 нагрузки.

Вспоминается восточная притча об оптимизаторе, который перестал кормить ишака, чтобы работал бесплатно. Однако неразумное животное по какой-то причине вдруг умерло.

Ещё одним примером оптимизаторства является так называемое инклюзивное образование. Авторам приходилось преподавать в группах, где были соединены студенты с проблемами зрения и слуха.

Не хочется накаркать, но при таком подходе ДО вряд ли удастся довести до нужного уровня.



***Литература***

1. *Философско-психологические проблемы развития образования. Под ред. В.В. Давыдова. М.: ИНТОР, 1994.*
2. *Куланин Е.Д., Нуркаева И.М. О двух геометрических задачах на экстремум. Математика в школе. 2019. № 4. С. 35–40.*
3. *Куланин Е.Д., Нуркаева И.М. Еще раз о задаче Мавло. Математика в школе. 2020. № 2. С. 76–79.*
4. *Куланин Е.Д., Степанов М.Е., Нуркаева И.М. Пропедевтика решения экстремальных задач в школьном курсе математики. Моделирование и анализ данных. 2019. № 4. С. 127–144.*
5. *Куланин Е.Д., Степанов М.Е., Нуркаева И.М. О различных подходах к решению экстремальных задач. Моделирование и анализ данных. 2020. Т.11. № 1. С. 40–60.*



## From the Experience of Working in the Remote Learning Mode

**Yevgeny D. Kulanin\***

Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6093-7012>

e-mail: [lucas03@mail.ru](mailto:lucas03@mail.ru)

**Mikhail E. Stepanov\*\***

Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4803-8211>

e-mail: [mestepanov@yandex.ru](mailto:mestepanov@yandex.ru)

The article discusses from a broad point of view issues related to the methods and methods of distance education, as well as issues related to the teaching of mathematics in modern conditions. Both positive and negative factors associated with distance education are considered. In their judgments, the authors rely on the experience of working at the Faculty of Information Technologies of the Moscow State University of Psychology and Education.

**Keywords:** distance education, forms of education, information carriers, mass media, software, electronic information resources, webinar, Cisco Webex, control, forms of education, learning process.

### For citation:

Kulanin Y.D., Stepanov M.E. From the Experience of Working in the Remote Learning Mode. *Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis*, 2022. Vol. 12, no. 3, pp. 58–70. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120305> (In Russ., abstr. in Engl.).

### References

1. Philosophical and psychological problems of education development. Ed. V.V.Davydov. M.: INTOR, 1994.
2. Kulanin E.D., Nurkaeva I.M. On two geometric problems on extremums. *Mathematics at school*. 2019. No. 4. P. 35–40.
3. Kulanin E.D., Nurkaeva I.M. Once again about the Mavlo problem. *Mathematics at school*. 2020. No. 2. P. 76–79.
4. Kulanin E.D., Stepanov M.E., Nurkaeva I.M. Propaedeutics of solving extremal problems in the school course of mathematics. *Modeling and data analysis*. 2019. No. 4. P. 127–144.
5. Kulanin E.D., Stepanov M.E., Nurkaeva I.M. About different approaches to solving extreme problems. *Modeling and data analysis*. 2020. T.11. No. 1. P. 40–60.

\***Yevgeny D. Kulanin**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6093-7012>, e-mail: [lucas03@mail.ru](mailto:lucas03@mail.ru)

\*\***Mikhail E. Stepanov**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4803-8211>, e-mail: [mestepanov@yandex.ru](mailto:mestepanov@yandex.ru)

## Дистанционное образование, круг второй

**Лукин В.Н.\***

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8906-2686>  
e-mail: [lukinvn@list.ru](mailto:lukinvn@list.ru)

**Федотова Л.Н.\*\***

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5936-4253>  
e-mail: [liliy\\_1999@bk.ru](mailto:liliy_1999@bk.ru)

Переход вузов на дистанционную форму обучения в начале марта 2020 года был полной неожиданностью. Тем не менее, учебный процесс продолжался, а осенью большинство вузов вернулось к привычному очному обучению. Однако пребывание в этом формате было непродолжительным, и вузы снова перешли на дистанционную форму, которая завершилась в конце февраля текущего года. Что чувствовали преподаватели и студенты при повторном переходе на удалённое обучение и при выходе в очный формат? Как оценивали студенты различные аспекты дистанционной формы после её окончания?

**Ключевые слова:** дистанционная форма обучения, учёт посещаемости, качество выпускных работ, оценка дистанционной формы студентами.

**Для цитаты:**

Лукин В.Н., Федотова Л.Н. Дистанционное образование, круг второй // Моделирование и анализ данных. 2022. Том 12. № 3. С. 71–82. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120306>

\***Лукин Владимир Николаевич**, кандидат физико-математических наук, профессор, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8906-2686>, e-mail: [lukinvn@list.ru](mailto:lukinvn@list.ru)

\*\***Федотова Лилия Николаевна**, студент, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5936-4253>, e-mail: [liliy\\_1999@bk.ru](mailto:liliy_1999@bk.ru)





## 1. ВВЕДЕНИЕ

Два с лишним года назад мы оказались перед необходимостью проводить занятия дистанционно. На первых порах, чтобы хоть как-то удержать процесс в разумных рамках, не прерывать его и сохранять его качество, приходилось тратить значительные усилия. Не сказать, чтобы такая форма проведения занятий – это что-то принципиально новое: в своё время было достаточно хорошо проработана заочная форма обучения. Но одно, когда эта форма используется для обучения «без отрыва от производства», для повышения квалификации или как вспомогательная (см., напр., [1-5]), и совсем другое, когда она достаётся студентам, пришедшим на очное образование, и преподавателям, которые не имеют опыта заочного обучения. Подготовка и проведение занятий потребовали уйму времени, в рамки, предписанные учебным планом, преподаватели не вписывались: приходилось работать и днём, и ночью (достаточно посмотреть на время присылки студентами различных работ). Тем не менее, удалось всё преодолеть, процесс становился рутинным. Заметим, что в течение этого двухлетнего периода было два кратких перехода на очную форму и возврата обратно. А в нынешнем марте режим поменялся снова и, похоже, надолго. Казалось бы, можно радоваться: мы вернулись к традиционной, годами отработанной, форме преподавания. Но почему-то многие отмечают трудности этого периода. Интересно рассмотреть особенности переходных процессов с точки зрения преподавателей и студентов.

## 2. ПРЕПОДАВАТЕЛИ

Рассмотрим вкратце особенности первого входа на дистанционный режим. Конечно, первые дни – это полная неожиданность и связанная с нею растерянность. Непонятно было, что делать с предметами, которые не расскажешь, как доклад, для которых требовалось активное взаимодействие со студентом. Например, полезно вовремя исправить ошибку при решении студентом математической задачи у доски или подсказать, какой оператор лучше использовать в данном месте программы. К сожалению, некоторые опытные преподаватели посчитали, что дистанционная форма – это профанация, и ушли. Да, «порог вхождения» оказался высоковат, но собраться удалось быстро, хотя большинство преподавателей сходилось во мнении, что эта форма обучения весьма плоха. Правда, некоторые считали наоборот [6, 7].

Что вызывало особое беспокойство и требовало значительных усилий от преподавателя?

1. Приходится проводить лекции удалённо, но полноценного материала в форме видеолекций нет, в крайнем случае, фрагменты.
2. Нет возможности провести лабораторные работы, особенно на младших курсах, где присутствие преподавателя не оценимо.



3. Невозможно провести полноценный семинар (практическое занятие), где преподаватель демонстрирует методы решения задач и формирует у студентов соответствующие навыки.
4. Нет полноценного контроля посещений, который способствует формированию самодисциплины.
5. Возникают многочисленные проблемы с проведением экзаменов.
6. Нет согласованного оборудования ни у преподавателей, ни у студентов, учебное заведение никого им не обеспечило.
7. Неудовлетворительное программное обеспечение, прежде всего, среда обучения.
8. У многих преподавателей недостаточный уровень владения программно-аппаратными средствами.
9. Нет опыта и методики преподавания в таком формате.

Программная среда для удалённой формы обучения была в лучшем случае ориентирована на небольшие группы заинтересованных обучающихся, обычно настроенных на повышение квалификации [1], или на отдельные аспекты образовательного процесса (например, командные лабораторные работы для старших курсов). Оптимистические заявления авторов подобных разработок оказались несоответствующими реальным потребностям.

Тем не менее, даже в первый период многие проблемы удалось преодолеть или, по крайней мере, ослабить. Каким образом справлялись с трудностями?

1. Не считаясь со временем, готовили видеоматериалы: в основном, презентации к лекциям и конспекты под них, реже – видеолекции (требуют больше времени на подготовку).
2. Адаптировали задачи под удалённое представление, готовили методички, формировали «удалённые» команды студентов, работали дистанционно (почта, Trello).
3. Семинары – самое слабое звено. Есть дисциплины, где в принципе дистанционно не научишь. Да и в математике: дистанционно, без активного общения, трудно научить думать. Остаётся проводить разбор задач, давать и проверять домашние задания (это убивает уйму времени, если работать честно).
4. Посещение – на полном доверии: где только не находились участники при включённом телефоне!
5. К экзамену приходилось пересматривать критерии, позволяющие сносно оценить подготовку студента (работа в семестре, вопросы и задачи на экзамене) [6, 7].
6. С техникой выкручивались, кто как мог.
7. Обучающую среду брали ту, которая была на тот момент и которую рекомендовали «сверху». Предшествующая рекламная шумиха вокруг этих средств оказалась пустым звуком. И участники по возможности мигрировали от совсем никудышного варианта к сносному.
8. Для преподавателей этот период оказался весьма полезной школой владения программными средствами.
9. Надо сказать, за короткое время был накоплен приличный опыт удалённой работы и получены навыки, которые вселили уверенность, что нас не сломаешь.



Теперь рассмотрим процесс первого выхода с дистанционного режима в очный. Казалось бы, всё вернулось на круги своя, с этой точки и продолжим обычные занятия. Ан нет, этот переход оказался довольно неприятным. Оказалось, что мы отвыкли от учебных помещений, от студентов (некоторых мы просто ни разу не видели), друг от друга. Сначала кажется, что это только у тебя такое ощущение, но потом выясняется, что у многих.

Самое печальное, что мы столкнулись с необученностью студентов, которые на этих переходах необратимо потеряли время, а время для учебного процесса – главный ресурс. Кроме того, порок удалёнки – недостаточный уровень обратной связи и, следовательно, невозможность своевременно скорректировать ошибки процесса обучения (качество и темп подачи материала из-за непривычного формата).

Что же конкретно беспокоило больше всего, помимо чисто психологических вещей?

- Куда девать презентации к лекциям, если в аудитории плохой проектор или его вовсе нет? Жалко же проделанную работу...
- Что делать с солидным пакетом задач, адаптированных под дистанционный вариант, которые в режиме непосредственного общения со студентами оказываются слабыми?
- Как теперь проводить семинары? К сожалению, навык теряется даже у преподавателя, а у студента, особенно 1-2 курса, его и вовсе нет. Это вызывает сложности в общении, которое на семинарских занятиях весьма существенно.
- Студентам экзамен сдавать труднее, да и преподавателям не так просто вернуться к обычному сценарию.
- Контроль посещаемости есть, а посещаемости нет. Реальный пример на рис. 1, мы видим скачок прогулов после выхода на очное обучение.

Как мы знаем, за первым входом в дистанционный режим последовал второй, но он уже оказался не таким катастрофическим. Конечно, ещё один переход тоже потребовал времени и усилий, но уже существенно меньше. Здесь помогли наработки прошлого периода:

- преподаватели разработали свои, не формальные, а полезные, системы учёта работы студентов;
- разработано и приведено в соответствие с программами курсов большое количество наглядного материала;
- формализована (опять же для формирования справедливой отметки на экзамене) система оценивания работ [8], выполняемых в течение семестра. Правда, при обратном переходе пришлось пересматривать критерии оценивания, но они всё же оказались полезным подспорьем.

Надо сказать, что даже в таком непростом аспекте, как посещения, при повторном выходе ситуация оказалась лучше. Если сравнить таблицу на рис. 1 с аналогичной таблицей за прошлый год, представленной в [6], можно увидеть, что скачок прогулов стал менее заметным: здесь он в среднем в 3 раза больше по сравнению с дистанционной формой, а там в 4,3 раза. Группы примерно равноценные, дисциплина та же самая, преподаватель тот же самый.



	Группа 3.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18	пар
№	Фамилия	2.2	16.2	2.3	16.3	30.3	13.4	27.4	11.5	25.5	проп	% пр.
1	Антипов Дмитрий										0	0 %
2	Афанасьев Дмитрий										0	0 %
3	Бакунев Алексей								нн		2	11 %
4	Бескибалов Нестор				нн		нн		нн	нн	8	44 %
5	Воронина Софья										0	0 %
6	Евсиков Семён	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	18	100 %
7	Зайцева Анастасия			нн						б	2	11 %
8	Ковченков Илья					нн			нн		4	22 %
9	Лапшин Данила			нн				нн			4	22 %
10	Левонович Никита										0	0 %
11	Мосин Игорь			нн	нн		нн	нн	нн	нн	12	67 %
12	МУрзин Даниил			нн		нн	нн	нн	нн		10	56 %
13	Поляничев Григорий	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	нн	18	100 %
14	Селивёрстов Василий				нн				нн	нн	6	33 %
15	Синяткина Екатерина						нн			нн	4	22 %
16	Терентьев Данила									нн	2	11 %
17	Точилин Алексей									б	0	0 %
18	Юматов Андрей										0	0 %
	Пропуски занятий	2	2	6	5	4	6	5	8	9		
	Процент пропущенных	11 %	11 %	33 %	28 %	22 %	33 %	28 %	44 %	50 %		

Рис. 1. Посещение занятий. Дистанционный режим закончился в начале марта.

Остался ещё один болезненный вопрос. Из-за дефицита общения, трудоёмкости проверки, да и просто в результате отхода в дистанционный период от учебного процесса состояние дипломных работ стало не самым лучшим. Да, темы работ были нормальными, даже во многих случаях интересными, но качество материала стало ниже, доклады были слабее, чем в обычном режиме. Трудная ситуация при защите дипломов – неумение авторов выразить свою мысль: не было опыта выступления на публике. Основные причины, на наш взгляд, следующие.

- В нормальный период был обычный рабочий ритм работы: встречи индивидуальные и общие, обсуждения, демонстрации текста, презентаций, выступления.
  - В удалённом режиме приходилось вести дистанционные беседы, которые не всегда получались удачными, основное общение – по почте, были задержки этапов работы.
  - После выхода в обычный режим продолжалась почта, хотя удавалось организовать и очные встречи (поздние, к сожалению).
- Характерный (реальный!) пример из диплома приведён ниже.



«Данная работа посвящена проблеме анализа данных в сфере больших данных. Большие компании ... аккумулируют каждый год петабайты данных и рост данных увеличивается с каждым годом. Аналитика исторических данных становится все сложнее. Это мешает компании быть data-driven компанией, когда компания гибко управляется данными. То есть компания ориентирована на данные, бизнес-процессы и организационная структура которой построена на основе сквозной интеграции информационных потоков и их непрерывной аналитике».

Как говорится, от сумы да от тюрьмы не зарекайся, поэтому остаются естественные вопросы, относящиеся к возможным неблагоприятным переходам:

- как оценить усилия по переходу в ту и другую сторону, учитывая, что назад просто так возвратиться невозможно?
- как будет изменяться уровень студентов и как его повысить?
- каким образом восстановить уровень не выпускников, а нынешних студентов?
- учитывая, что ситуация с каждым переходом всё более стабилизируется, можно ли дать прогноз времени стабилизации?
- насколько изменяется уровень взаимопонимания студентов и преподавателей?

### 3. СТУДЕНТЫ

Рассмотрим оценку пройденного пути с точки зрения студентов. Оценивание проводилось в рамках преддипломного исследования Л. Н. Федотовой.

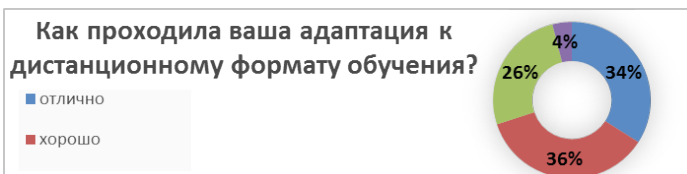
Образовательный процесс в удалённом формате строится по привычной для студентов структуре: лекции, семинары, выполнение письменных заданий и проектов, сдача зачётов и экзаменов. Но в дистанционной форме приходится устанавливать виртуальный контакт между студентами и преподавателями.

При неожиданном переходе на удалённый формат потребовалось быстрое переключение с традиционной контактной формы на дистанционную. Такая резкая смена с большой вероятностью вызывает дискомфорт и напряжение у студентов, а это, в свою очередь, влияет как на процесс обучения, так и на психологическое состояние, особенно в первый период перехода.

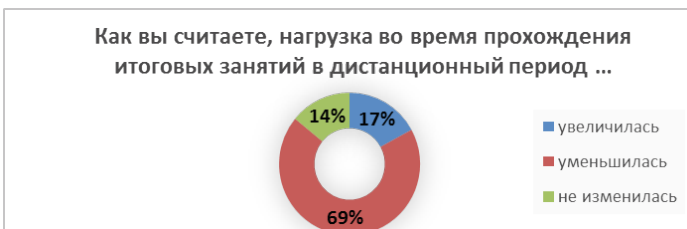
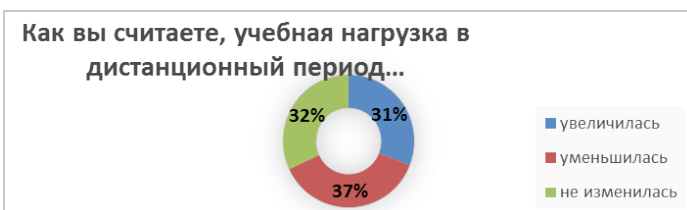
Прежде всего, обратим внимание на **качество получаемого образования**, как оно оценивается студентами. Конечно, оценки такого рода субъективны, но они позволяют узнать непосредственную реакцию студентов. Кроме того, полезно оценить дополнительные затраты времени на изучение учебного материала. Для проведения исследования был разработан опросник «Отношение студентов к дистанционному формату обучения». В нём 34 вопроса, которые относятся, в частности, к качеству дистанционного образования и психологическому состоянию студентов. Использовался онлайн-опрос: он более удобен и требует меньше времени, хотя мотивация участия в исследовании у респондентов ниже. Общее число респондентов составило 100 человек.

Приведём некоторые вопросы и характерные ответы.

*Адаптацию к дистанционному формату* обучения считает успешной 70 % опрошенных, а удобство такого обучения отмечают 85 %.



Положительно к дистанционному обучению относятся 56 % студентов, отрицательно – 44 %. Однако у большей части (54 %) снизилась мотивация к обучению: нет личного контакта с преподавателями, нет чёткого разграничения понятий «дом» и «учёба». Меняется и учебная нагрузка: 37 % считает, что она уменьшилась, а 31 % – что увеличилась. Наибольшее снижение нагрузки отмечено в период сессии (69 %), что указывает на снижение самодисциплины и заинтересованности в обучении.



Интересно выяснить, насколько успешно усваивается учебный материал в период электронного обучения. Здесь показатели выглядят благоприятно: 73 % участников утверждают, что усваивают материал отлично или хорошо. Выполнение практических заданий считает успешным 60 % респондентов.

Одним из ключевых вопросов был «Считаете ли вы, что качество обучения во время дистанционного обучения повысилось?». На него были получены неутешительные ответы. Так, только 24 % опрошенных считают, что обучение с качественной точки зрения улучшилось.





Из положительных сторон дистанционки отмечается возможность *не тратить время на дорогу* (82 %), возможность *повторного просмотра учебного материала* (68 %).



Студенты отмечают, что преподавательский состав отличался высокой ответственностью, все необходимые материалы они получали своевременно.

Положительные ответы в большинстве случаев получены и на вопрос, легче ли стало *совмещать учёбу и личную деятельность* (62 %), а также о возможности *индивидуального темпа* обучения (53 %). Косвенно это указывает на возможное неявное отсутствие студентов на занятии.

Из минусов дистанционного обучения студенты отмечают технические перебои в процессе воспроизведения материала (48 %) и нехватку общения (50 %).

Для оценки **психофизического влияния** удалённой формы предлагались следующие вопросы:

1. Устраивает ли вас домашняя обстановка? Получено 69 % положительных ответов.
2. Сталкивались ли вы с частыми головными болями? Получено 42 % положительных ответов.
3. Замечали ли вы ухудшение сна? Получено 64 % положительных ответов.
4. Чувствуете ли вы повышенную усталость? Получено 52 % положительных ответов. Заметим, что это может быть из-за нарушения режима дня, ухудшения качества сна и отсутствия необходимого уровня социализации и общения.
5. Замечали ли вы за собой частую смену настроения? Получено 44 % положительных ответов.
6. Ощутили ли вы повышение тревожности и взволнованности? Получено 62 % положительных ответов. Фактором может служить резкий переход на совершенно новую и ещё не исследованную форму обучения в первое время. Однако опрос



был предложен по истечению нескольких месяцев удалёнки, а состояние тревожности всё ещё сохранилось.

Помимо отмеченных при опросе факторов, участники в процессе беседы отметили недостаточный уровень обратной связи. В частности, отмечалось, что преподаватели нередко пропускают письма, не учитывают специфику платформ дистанционного образования. При всей справедливости замечания, приведём следующие рассуждения из работы [6]. Так как в дистанционном режиме лабораторная работа обычно становится расширенной домашней, преподаватель вынужден не только её проверить и выявить недостатки, но прокомментировать и обсудить совместно со студентом. Если в группе 15 человек, по 3 работы на каждого, при двух-трёх подходах выходит под сотню или больше контактов. В таком потоке не мудрено потерять какое-то письмо.

Наконец, на последний, главный, вопрос в исследовании: «Хотели бы Вы перейти на полный online-формат?» – ровно половина респондентов ответила положительно. Это совсем не много с учётом того, что удобство удалённого обучения отметило 85 % респондентов.

Таким образом, удалённое обучение пригодно, скорее всего, в случае дополнительных занятий, либо же на краткосрочный период, связанный с эпидемиологическими, экологическими и прочими проблемами.

Но на сегодняшний день дистанционное образование имеет больше недостатков, чем преимуществ, а, как отмечают респонденты, качество образования не повысилось.

Кроме того, удалённый режим обучения требует от студентов самостоятельной концентрации на образовательном процессе, что может оказаться под силу не каждому. Для комфортного обучения в удалённом формате необходимо наличие соответствующей техники у студента и умение ей пользоваться.

Итак, несмотря на все возможные проблемы в обучении, такой способ получения знаний всё же не катастрофа, благодаря усилиям студентов и преподавателей он оказал реальную поддержку учебному процессу в трудной ситуации. Сейчас мы можем сказать, что дистанционное обучение можно внедрять в университет, но только в качестве вспомогательного вида обучения, так как для студентов остается важным факт взаимодействия с преподавателем вживую, и важна включенность в процесс образования. Рискнём предположить, что дистанционное обучение не остановится в своём развитии, и, возможно, через несколько лет, после модернизации оно станет гармоничным дополнением традиционного.

Проведенное исследование показало, что на данный момент обучающиеся проявляют к данной форме обучения неоднозначное отношение. С одной стороны, все понимают её значимость, целесообразность, а порой и необходимость в связи с эпидемиологической обстановкой в стране, а с другой стороны, большинство студентов не хотело бы продолжать свое обучение в дистанционной форме. Тем не менее, студенты не проявляют полностью негативного отношения к электронному обучению. Несмотря на отсутствие желания получать образование дистанционно, студенты не отрицают такую форму и отмечают её удобство.



## 4. ИТОГ

Нет в мире совершенства. Неожиданный эксперимент на людях был жесток, но повода для пессимизма нет. Помимо явных потерь мы получили полезный опыт, который пригодится и сейчас, и в дальнейшем.

### *Литература*

1. Лукин В.Н., Сидоров С.И., Фомин С.С., Чернышов Л.Н. Проектирование программных систем: дистанционное обучение. Информатизация образования и науки. № 4. – М.: 2012. – С. 24–37.
2. Лукин В.Н., Чернышов Л.Н. Опыт использования приложения с открытым кодом StarUML в системе дистанционного обучения MOODLE с виртуальным практикумом // Седьмая конференция «Свободное программное обеспечение в высшей школе»: Тезисы докладов / Переславль. – М.: Альт Линукс, 2012. – С. 45–46.
3. Лукин В.Н., Чернышов Л.Н. Практический подход к дистанционному обучению // Материалы X Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ-2014). – М.: МАИ, 2014, – С. 589–591.
4. Лукин В.Н., Чернышов Л.Н. Дистанционное обучение программированию на Google-платформе // XIV конференция «Свободное программное обеспечение в высшей школе»: Сборник материалов конференции / Переславль. – М.: МАКС Пресс, 2019. – С. 97–101.
5. Лукин В.Н., Чернышов Л.Н. Практика использования WEB-ресурсов при проведении занятий по программированию // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2018): сборник научных трудов XXI Российской научной конференции. 26–28 апреля 2018 г. / под науч. ред. Ю.Ф.Тельнова: в 2 т. – М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В.Плеханова», 2018. – т. 1, – С. 201–205.
6. Лукин В.Н. Дистанционное обучение: проблемы и решения. Моделирование и анализ данных. 2021. Том 11, № 2. – С. 74–88.
7. Лукин В.Н. Год в дистанционном режиме. Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2021), Алушта. – М.: Изд-во МАИ, 2021. – С. 658–660
8. Лукин В.Н. Дифференцированная оценка знаний студентов. Материалы XIII Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ-2020). – М.: МАИ, 2020. – С. 742–744.



## Distance Education, Circle Two

### *Vladimir N. Lukin\**

Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8906-2686>  
e-mail: [lukinvn@list.ru](mailto:lukinvn@list.ru)

### *Liliya N. Fedotova\*\**

Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5936-4253>  
e-mail: [liliy\\_1999@bk.ru](mailto:liliy_1999@bk.ru)

The transition of universities to distance learning at the beginning of March 2022 was a complete surprise. Nevertheless, the educational process continued, and in the fall, most universities returned to their usual full-time education. However, the stay in this format was short-lived, and the universities again switched to the remote form, which ended at the end of February of this year. How did teachers and students feel when they switched to remote learning again and when they entered the face-to-face format? How did students evaluate various aspects of the remote form after graduation?

**Keywords:** distance learning, attendance accounting, quality of graduation papers, assessment of distance learning by students.

### **For citation:**

Lukin V.N., Fedotova L.N. Distance Education, Circle Two. *Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis*, 2022. Vol. 12, no. 3, pp. 71–82. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2022120306> (In Russ., abstr. in Engl.).

### *References*

1. Lukin V.N., Sidorov S.I., Fomin S.S., Chernyshov L.N. Proektirovanie programmnykh sistem: distantsionnoe obuchenie. *Informatizatsiya obrazovaniya i nauki*. № 4. – M.: 2012. – pp. 24–37.
2. Lukin V.N., Chernyshov L.N. Opyt ispol'zovaniya prilozheniya s otkrytym kodom StarUML v sisteme distantsionnogo obucheniya MOODLE s virtual'nym praktikumom.. Sed'maya konferentsiya «Svobodnoe programmnoe obespechenie v vysshei shkole»: Te-zisy dokladov / Pereslavl'. – M.: Al't Linuks, 2012. – pp. 45–46.
3. Lukin V.N., Chernyshov L.N. Prakticheskii podkhod k distantsionnomu obucheniyu. *Materialy X Mezhdunarodnoi konferentsii po neravnovesnym protsessam v soplakh i struyakh (NPNJ-2014)*. – M.: MAI, 2014, – pp. 589–591.
4. Lukin V.N., Chernyshov L.N. Distantsionnoe obuchenie programmirovaniyu na Google-platfome.. XIV konferentsiya «Svobodnoe programmnoe obespechenie v vysshei shkole»: Sbornik materialov konferentsii / Pereslavl'. – M.: MAKSS Press, 2019. – pp. 97–101.

\**Vladimir N. Lukin*, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8906-2686>, e-mail: [lukinvn@list.ru](mailto:lukinvn@list.ru)

\*\**Liliya N. Fedotova*, Student, Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5936-4253>, e-mail: [liliy\\_1999@bk.ru](mailto:liliy_1999@bk.ru)



5. Lukin V.N., Chernyshov L.N. Praktika ispol'zovaniya WEB-resursov pri provedenii zanyatii po programmirovaniyu.. Inzhiniring predpriyatii i upravlenie znaniyami (IP&UZ-2018): sbornik nauchnykh trudov XXI Rossiiskoi nauchnoi konferentsii. 26–28 aprelya 2018 g. . pod nauch. red. YU.F.Tel'nova: v 2 t. – M.: FGBOU VO «REHU im. G.V.PlekhanovA», 2018. – t. 1. – pp. 201–205.
6. Lukin V.N. Distantionnoe obuchenie: problemy i resheniya. Modelirovanie i analiz dannykh. 2021. Tom 11, № 2. – pp. 74–88.
7. V. N. Lukin. God v distantsionnom rezhime. Materialy XXII Mezhdunarodnoi konfe-rentsii po vychislitel'noi mekhanike i sovremennym prikladnym programmnyy si-stemam (VMSPPS'2021), Alushta. – M.: Izd-vo MAI, 2021. – pp. 658–660
8. Lukin V.N. Differentsirovannaya otsenka znaniy studentov. Materialy XIII Mezhdunarodnoi konfe-rentsii po neravnovesnym protsessam v soplakh i struyakh (NPNJ-2020). – M.: MAI, 2020. – pp. 742–744.

Получена 22.07.2022

Принята в печать 20.09.2022

Received 22.07.2022

Accepted 20.09.2022

**Моделирование и анализ данных 2022. Том 12. № 3.**

Научный журнал

Издаётся с 2011 года

Учредитель

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный психолого-педагогический университет»

Адрес редколлегии:

г. Москва, ул. Сретенка, 29, факультет информационных технологий

Тел.: +7 (499) 167-66-74

E-mail: mad.mgppu@gmail.com

Журнал зарегистрирован в Государственном комитете РФ по печати.

Свидетельство о регистрации средств массовой информации

ПИ № ФС77-52058 от 7 декабря 2012 года

ISSN: 2219-3758

ISSN: 2311-9454 (online)

Подписано в печать: 11.03.2022.  
Формат: 70\*90/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. п. 4,2. Усл.-изд. л. 4,9.  
Тираж 500 экз.