



ISSN 2074-8566

# ВЕСНІК

ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА  
ЎНІВЕРСІТЭТА

2018 № 3(100)

# **ВЕСНІК**

## **ВІЦЕБСКАГА ДЗЯРЖАЎНАГА ЎНІВЕРСІТЭТА**

**НАВУКОВА-ПРАКТЫЧНЫ ЧАСОПІС**

Выдаецца з верасня 1996 года  
Выходзіць чатыры разы ў год

2018  
№ 3(100)

**ЗАСНАВАЛЬНІК:**

установа адукацыі «Віцебскі дзяржаўны  
ўніверсітэт імя П.М. Машэрава»

**Рэдакцыйная калегія:**

**І.М. Прышчэпа** (*галоўны рэдактар*),  
**А.А. Чыркін** (*нам. галоўнага рэдактара*)

**Т.Г. Алейнікава, Г.П. Арлова, Я.Я. Аршанскі, В.М. Балаева-Ціхамірава,**  
**М.М. Вараб'ёў, М.Ц. Вараб'ёў** (*адказны за раздзел «Матэматыка»*),  
**А.М. Галкін, С.А. Ермачэнка, А.М. Залеская, У.В. Іванойскі, Я.А. Краснабаеў,**  
**В.Я. Кузьменка** (*адказны за раздзел «Біялогія»*), **П.І. Навіцкі,**  
**С.У. Нікалаенка, Н.А. Ракава** (*адказны за раздзел «Педагогіка»*),  
**Г.Г. Сушко, Ю.В. Трубнікаў**

**Рэдакцыйны савет:**

**А.Р. Александровіч** (*Польшча*), **Го Вэньбін** (*Кітай*),  
**В.І. Казарэнкаў** (*Расія*), **Ф.М. Ліман** (*Украіна*),  
**Э. Рангелава** (*Балгарыя*), **В.А. Шчарбакоў** (*Малдова*)

**Сакратарыят:**

**Г.У. Разбоева** (*адказны сакратар*),  
**В.Л. Пугач, І.У. Волкава, А.М. Фенчанка**

*Часопіс «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» ўключаны ў Пералік  
навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў  
дысертацыйных даследаванняў па біялагічных, педагогічных,  
фізіка-матэматычных навук, а таксама цытуецца і рэферыруецца  
ў рэфератывых выданнях УІНІТІ*

**Адрас рэдакцыі:**

210038, г. Віцебск, Маскоўскі пр-т, 33,  
пакой 202, т. 58-48-93.  
E-mail: [nauka@vsu.by](mailto:nauka@vsu.by)  
<http://www.vsu.by>

Рэгістрацыйны № 750 ад 27.10.2009.

Падпісана ў друк 14.09.2018. Фармат 60×84 1/8. Папера друкарская.  
Ум. друк. арк. 14,65. Ул.-выд. арк. 10,97. Тыраж 165 экз. Заказ 118.

© Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта, 2018

# ЗМЕСТ

## МАТЭМАТЫКА

<b>Гальмак А.М., Кулаженко Ю.И.</b> О неассоциативности полиадических операций специального вида .....	5
<b>Храмцов О.В.</b> Стабилизируемость одного класса вполне интегрируемых линейных стационарных систем Пфаффа .....	11
<b>Никонова Т.В., Воланцевич Е.А., Колпакова Е.Ф.</b> Математическое моделирование и расчет напряженно-деформированного состояния коротких балок .....	24

## БІЯЛОГІЯ

<b>Борисевич М.Н., Красочко П.А., Прищепка И.М.</b> Модельные математические функции в практической биологии .....	29
<b>Колмаков П.Ю., Антонова Е.В.</b> Динамическое равновесие в природе на примере консортивных связей <i>Picea abies</i> (L.) Karst. ....	35
<b>Цуриков А.Г., Голубков В.В., Белый П.Н.</b> Ревизия лишайников рода <i>Xanthoparmelia</i> Беларуси: <i>X. loxodes</i> и <i>X. verruculifera</i> .....	41
<b>Тюлькова Е.Г.</b> Содержание пигментов фотосинтеза и спектры флуоресценции хлорофилла травянистых растений в условиях техногенного воздействия окружающей среды .....	47
<b>Денисова С.И.</b> Сравнительный анализ избирательности кормовых растений гусеницами шелкопрядов .....	54

## ПЕДАГОГІКА

<b>Бумаженко Н.И., Швед М.В., Ладик Е.П.</b> Специфика подготовки младших школьников с интеллектуальной недостаточностью к овладению письменной речью .....	62
<b>Ефременко И.И., Кунцевич Е.А., Бондарь Т.В., Кунцевич И.В.</b> Формирование здоровьесберегающей культуры учащихся в рамках инновационного проекта «Школа – территория здоровья» .....	67
<b>Андрущенко Н.Ю., Долгая М.В.</b> Социально-педагогическая работа с подростками агрессивного поведения .....	73
<b>Борщ Д.С., Сивицкий В.Г.</b> Алгоритмизация двигательной деятельности в учебно-тренировочном занятии при развитии тактического мышления .....	78
<b>Шкирьянов Д.Э.</b> Рейтинговая система оценки знаний, умений и навыков по учебной дисциплине «Физическая культура»: проблемы и перспективы (на примере УВО медицинского профиля) .....	84
<b>Ковальчук М.Б.</b> Некоторые аспекты формирования инженерного мышления .....	94
<b>Матюшкова С.Д., Туболец С.Г., Чучварёва А.Ю.</b> Готовность специалистов социальной сферы к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков: сравнительно-сопоставительный анализ .....	99
<b>Загоруйко Р.В., Зенькова О.А.</b> Формирование нормативно-правовой компетентности классного руководителя у будущих педагогов .....	105
<b>Ализарчик Л.Л., Алейников М.А., Хапанков В.И.</b> Разработка и использование приложения «Editor-Sections» для изучения школьного курса геометрии .....	110
<b>Мусатов А.Г.</b> Спортивная тренировка студентов-прыгунов к выступлению на соревнованиях с использованием модельных характеристик техники прыжка .....	117
<b>Бібліяграфія</b> .....	123

# CONTENTS

## MATHEMATICS

<b>Galmak A.M., Kulazhenko Y.I.</b> On Nonassociativity of Polyadic Operations of Special Type .....	5
<b>Khramtsov O.V.</b> Stabilizability of a Class of Completely Integrated Linear Stationary Pfaffian Systems .....	11
<b>Nikonova T.V., Volantsevich E.A., Kolpakova E.F.</b> Mathematic Modeling and Calculation of the Stress and Strain State of Short Balks .....	24

## BIOLOGY

<b>Borisevich M.N., Krasochko P.A., Prishchepa I.M.</b> Model Mathematic Functions in Practical Biology .....	29
<b>Kolmakov P.Yu., Antonova E.V.</b> Dynamic Balance in Nature on the Example of Consort Links of <i>Picea abies</i> (L.) Karst. ....	35
<b>Tsurykau A.H., Golubkov V.V., Bely P.M.</b> Revision of Lichen of <i>Xanthoparmelia</i> Genus in Belarus: <i>X. loxodes</i> and <i>X. verruculifera</i> .....	41
<b>Tyulkova E.G.</b> The Content of Photosynthesis Pigments and Chlorophyll Fluorescence Spectra of Herbaceous Plants in Technogenic Environmental Impact Conditions .....	47
<b>Denisova S.I.</b> Comparative Analysis of the Selectivity of Fodder Plants by Silkworm Caterpillars .....	54

## PEDAGOGY

<b>Bumazhenko N.I., Shved M.V., Ladik E.P.</b> Specifics of Training Younger Schoolchildren with Intellectual Insufficiency to Mastering Written Speech .....	62
<b>Efremenko I.I., Kuntsevich E.A., Bondar T.V., Kuntsevich I.V.</b> Shaping Students' Health Education and Psychology within the Innovation Project «School as the Health Area» .....	67
<b>Andrushchenko N.Yu., Dolgaya M.V.</b> Social and Pedagogical Work with Aggressively Behaving Teenagers	73
<b>Borsch D.S., Sivitsky V.G.</b> Algorithmization of Motion Activity in an Educational and Training Class in the Development of Tactical Thinking .....	78
<b>Shkiryanov D.E.</b> The Discipline of Physical Training Rating System of Knowledge, Abilities and Skills: Problems and Prospects (Based on the Example of the Medical University) .....	84
<b>Kovalchuk M.B.</b> Some Aspects of Shaping Engineering Thinking .....	94
<b>Matiushkova S.D., Tubolets S.G., Chuchvareva A.Yu.</b> Readiness of Social Sphere Specialists to Solve Children's and Adolescents' Difficult Life Situations: a Comparative Analysis .....	99
<b>Zagorulko R.V., Zenkova O.A.</b> Shaping Would-be Teachers' Normative Legal Competence of Classroom Teacher .....	105
<b>Alizarchik L.L., Aleinikov M.A., Khapankov V.I.</b> Development and Application of School Geometry Course «Editor-Sections» Supplement .....	110
<b>Musatov A.G.</b> Sports Training of Jumper Students for Performance at Competitions Using Model Characteristics of Leap Technique .....	117
<b>Bibliography</b> .....	123



# МАТЭМАТЫКА

УДК 512.548

## О неассоциативности полиадических операций специального вида

А.М. Гальмак\*, Ю.И. Кулаженко\*\*

\*Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»

\*\*Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»

В статье доказано, что для  $n$ -арной группы  $\langle A, \eta \rangle$  неравенство  $\sigma^l \neq \sigma$  является достаточным условием невыполнимости в  $l$ -арном группоиде  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  тождеств, определяющих ассоциативность полиадической операции  $\eta_{s, \sigma, k}$ , которая строится на декартовой степени  $A^k$  с помощью подстановки  $\sigma$  множества  $\{1, \dots, k\}$  и  $n$ -арной операции  $\eta$ .

Основная цель статьи – нахождение достаточных условий для невыполнимости в  $l$ -арном группоиде  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$   $l-1$  тождеств

$$\begin{aligned} & \eta_{s, \sigma, k}(\eta_{s, \sigma, k}(x_1 \dots x_i)x_{i+1} \dots x_{2l-1}) = \\ & = \eta_{s, \sigma, k}(x_1 \dots x_{i-1}\eta_{s, \sigma, k}(x_i \dots x_{i+l-1})x_{i+l} \dots x_{2l-1}), \quad i = 2, \dots, l, \end{aligned}$$

включающих тождество полуассоциативности, которые определяют ассоциативность  $l$ -арной операции  $\eta_{s, \sigma, k}$

**Ключевые слова:** полиадическая операция, группоид, полугруппа, группа, ассоциативность.

## On Nonassociativity of Polyadic Operations of Special Type

A.M. Galmak\*, Y.I. Kulazhenko\*\*

\*Educational Establishment «Mogilev State University of Food Technologies»

\*\*Educational Establishment «Belarusian State University of Transport»

In this article it is proved that for  $n$ -ary group  $\langle A, \eta \rangle$  the inequality  $\sigma^l \neq \sigma$  is the sufficient condition of impracticability of  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  identities in  $l$ -ary groupoid, that determines the associativity of polyadic operation  $\eta_{s, \sigma, k}$ , which is determined on Cartesian degree using the substitution  $\sigma$  of the set  $\{1, \dots, k\}$  and  $n$ -ary operation  $\eta$ .

The main purpose of the article is finding sufficient conditions for not execution in  $l$ -groupoid  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$   $l-1$  of identities

$$\begin{aligned} & \eta_{s, \sigma, k}(\eta_{s, \sigma, k}(x_1 \dots x_i)x_{i+1} \dots x_{2l-1}) = \\ & = \eta_{s, \sigma, k}(x_1 \dots x_{i-1}\eta_{s, \sigma, k}(x_i \dots x_{i+l-1})x_{i+l} \dots x_{2l-1}), \quad i = 2, \dots, l, \end{aligned}$$

which include the identity of semiassociativity, which identify the associativity of  $l$ -operation  $\eta_{s, \sigma, k}$ .

**Key words:** polyadic operation, groupoid, semigroup, group, associativity.



**Теорема 1.1** [1]. Если

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_i &= (x_{i1}, \dots, x_{ik}), i = 1, 2, \dots, l, \\ \eta_{s, \sigma, k}(\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_l) &= (y_1, \dots, y_k), \end{aligned}$$

то для любого  $j \in \{1, \dots, k\}$   $j$ -ая компонента  $y_j$  находится по формуле

$$y_j = \eta(x_{1j} x_{2\sigma(j)} \dots x_{(n-1)\sigma^{n-2}(j)}) \eta(x_{n\sigma^{n-1}(j)} \dots x_{(2(n-1))\sigma^{2(n-1)-1}(j)}) \eta(\dots \dots \eta(x_{((s-1)(n-1)+1)\sigma^{(s-1)(n-1)}(j)} \dots x_{(s(n-1)+1)\sigma^{s(n-1)}(j)}) \dots)). \quad (1)$$

**З а м е ч а н и е 1.1.** Если  $n$ -арная операция  $\eta$  ассоциативна, то (1) может быть переписано следующим образом:

$$y_j = \eta(x_{1j} x_{2\sigma(j)} \dots x_{(s(n-1)+1)\sigma^{s(n-1)}(j)}) = \eta(x_{1j} x_{2\sigma(j)} \dots x_{l\sigma^{l-1}(j)}).$$

**Теорема 1.2** [1]. Если  $n$ -арная операция  $\eta$  ассоциативна, подстановка  $\sigma$  из  $S_k$  удовлетворяет условию  $\sigma^l = \sigma$ , то  $l$ -арная операция  $\eta_{s, \sigma, k}$  ассоциативна.

**Теорема 1.3** [5]. Пусть неоднородная  $n$ -арная полугруппа  $\langle A, \eta \rangle$  обладает левой нейтральной последовательностью, подстановка  $\sigma$  из  $S_k$  удовлетворяет условию  $\sigma^l \neq \sigma$ . Тогда в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  не выполняется тождество

$$\eta_{s, \sigma, k}(\eta_{s, \sigma, k}(\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_l) \mathbf{x}_{l+1} \dots \mathbf{x}_{2l-1}) = \eta_{s, \sigma, k}(\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_{l-1} \eta_{s, \sigma, k}(\mathbf{x}_l \dots \mathbf{x}_{2l-1})), \quad (2)$$

то есть  $l$ -арная операция  $\eta_{s, \sigma, k}$  не является полуассоциативной.

**З а м е ч а н и е 1.2.** Ясно, что в теореме 1.3 левую нейтральную последовательность можно заменить нейтральной последовательностью.

Тождество (2) при  $i = l$  является одним из следующих тождеств

$$\begin{aligned} \eta_{s, \sigma, k}(\eta_{s, \sigma, k}(\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_l) \mathbf{x}_{l+1} \dots \mathbf{x}_{2l-1}) &= \\ = \eta_{s, \sigma, k}(\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_{i-1} \eta_{s, \sigma, k}(\mathbf{x}_i \dots \mathbf{x}_{i+l-1}) \mathbf{x}_{i+l} \dots \mathbf{x}_{2l-1}), i &= 2, \dots, l, \end{aligned} \quad (3)$$

определяющих ассоциативность  $l$ -арной операции  $\eta_{s, \sigma, k}$ .

Следующая теорема утверждает, что неравенство  $\sigma^l \neq \sigma$  и наличие в  $n$ -арной полугруппе  $\langle A, \eta \rangle$  единицы является достаточным условием для невыполнимости всех тождеств вида (3).

**Теорема 1.4** [7]. Пусть неоднородная  $n$ -арная полугруппа  $\langle A, \eta \rangle$  обладает единицей, подстановка  $\sigma$  из  $S_k$  удовлетворяет условию  $\sigma^l \neq \sigma$ . Тогда в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  для любого  $i \in \{2, \dots, l\}$  не выполняется тождество (3).

**Лемма 1.1** [3]. Пусть  $A$  – множество,  $k \geq 2$ ,  $\sigma$  – подстановка из  $S_k$ ,  $f_\sigma$  – преобразование декартовой степени  $A^k$  по правилу

$$(x_1, x_2, \dots, x_k) \rightarrow (x_{\sigma(1)}, x_{\sigma(2)}, \dots, x_{\sigma(k)}).$$

Тогда:

1)  $f_\sigma$  – биекция;

2) для любого  $i \geq 2$  преобразование  $f_\sigma^i$  множества  $A^k$  осуществляется по правилу

$$(x_1, x_2, \dots, x_k) \rightarrow (x_{\sigma^i(1)}, x_{\sigma^i(2)}, \dots, x_{\sigma^i(k)});$$

3)  $f_\sigma^i = f_{\sigma^i}$  для любого  $i \geq 2$ ;

4) если  $a \in A$ ,  $\mathbf{a} = (\underbrace{a, \dots, a}_k)$ , то  $\mathbf{a}^{f_\sigma} = \mathbf{a}$ ;

5) если  $\langle A, * \rangle$  – группоид, то  $f_\sigma$  – автоморфизм группоида  $\langle A^k, * \rangle$  с операцией

$$\mathbf{x} * \mathbf{y} = (x_1, \dots, x_k) * (y_1, \dots, y_k) = (x_1 * y_1, \dots, x_k * y_k).$$

Утверждение 5) леммы 1.1 обобщается следующей леммой.

**Лемма 1.2.** Если в условиях леммы 1.1  $\langle A, \eta \rangle$  –  $n$ -арный группоид, то  $f_\sigma$  – автоморфизм  $n$ -арного группоида  $\langle A^k, \eta \rangle$  с  $n$ -арной операцией  $\eta$ , которая определяется покомпонентно с помощью операции  $\eta$ :

$$\eta(\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_n) = \eta((x_{11}, \dots, x_{1k}) \dots (x_{n1}, \dots, x_{nk})) = (\eta(x_{11} \dots x_{n1}), \dots, \eta(x_{1k} \dots x_{nk})).$$

**Д о к а з а т е л ь с т в о.** Так как

$$\begin{aligned} \eta(\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_n)^{f_\sigma} &= (\eta((x_{11}, \dots, x_{1k}) \dots (x_{n1}, \dots, x_{nk})))^{f_\sigma} = \\ &= (u_1 = \eta(x_{11} \dots x_{n1}), \dots, u_k = \eta(x_{1k} \dots x_{nk}))^{f_\sigma} = \\ &= (u_{\sigma(1)} = \eta(x_{1\sigma(1)} \dots x_{n\sigma(1)}), \dots, u_{\sigma(k)} = \eta(x_{1\sigma(k)} \dots x_{n\sigma(k)})) = \end{aligned}$$

$$= \eta((x_{1\sigma(1)}, \dots, x_{1\sigma(k)}) \dots, (x_{n\sigma(1)}, \dots, x_{n\sigma(k)})) = \eta(\mathbf{X}_1^{f_\sigma} \dots \mathbf{X}_n^{f_\sigma}),$$

то

$$\eta(\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_n)^{f_\sigma} = \eta(\mathbf{X}_1^{f_\sigma} \dots \mathbf{X}_n^{f_\sigma}),$$

то есть  $f_\sigma$  – автоморфизм  $n$ -арного группоида  $\langle A^k, \eta \rangle$ . Лемма доказана.

**З а м е ч а н и е 1.3.** Ясно, что для  $n$ -арного группоида  $\langle A, \eta \rangle$   $n$ -арная операция, определенная на декартовой степени  $A^k$  покомпонентно с помощью  $n$ -арной операции  $\eta$  и обозначаемая тем же символом  $\eta$ , совпадает с  $n$ -арной операцией  $\eta_{1, \varepsilon, k}$ , где  $\varepsilon$  – тождественная подстановка. Поэтому, если  $\langle A, \eta \rangle$  –  $n$ -арная полугруппа, то по теореме 1.2  $\langle A^k, \eta \rangle$  –  $n$ -арная полугруппа. Несложно проверяется, что если  $\langle A, \eta \rangle$  –  $n$ -арная группа, то  $\langle A^k, \eta \rangle$  также является  $n$ -арной группой. Это утверждение является частным случаем следующей теоремы.

**Теорема 1.5 [8].** Если  $\langle A, \eta \rangle$  –  $n$ -арная группа, подстановка  $\sigma$  из  $\mathbf{S}_k$  удовлетворяет условию  $\sigma^l = \sigma$ , то  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  –  $l$ -арная группа.

**Лемма 1.3 [3].** Пусть множество  $A$  содержит более одного элемента,  $k \geq 2$ ,  $\sigma$  и  $\tau$  – подстановки из  $\mathbf{S}_k$ . Если  $\mathbf{X}^{f_\sigma} = \mathbf{X}^{f_\tau}$  для любого  $\mathbf{x} \in A^k$ , то  $\sigma = \tau$ .

**2. Основные результаты.** Останется ли утверждение теоремы 1.4 верным, если в ней единицу заменить идемпотентом? Так как для любого идемпотента  $e$   $n$ -арной полугруппы  $\langle A, \eta \rangle$  последовательность  $e \dots e$   $n-1$

жет не быть нейтральной, то в этом случае неприменима теорема 1.3, то есть в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  не исключена выполнимость тождества полуассоциативности. В то же время для любого идемпотента  $e$   $n$ -арной группы  $\langle A, \eta \rangle$  последовательность  $e \dots e$   $n-1$  является нейтральной. Поэтому теорема 1.3 в этом случае гарантирует невыполни-

мость в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  как минимум тождества полуассоциативности. В связи с этим возникает

**В о п р о с 2.1.** Верен ли аналог теоремы 1.4 для  $n$ -арных групп, обладающих идемпотентами? Другими словами, можно ли изменить область применения теоремы 1.4, заменив в ней  $n$ -арную полугруппу  $n$ -арной группой, а единицу – идемпотентом?

В пользу существования положительного ответа на этот вопрос может служить следующий

**Пример 2.1.** Положим в определении 1.1:  $A = \{(12), (13), (23)\}$  – множество всех нечетных подстановок множества  $\{1, 2, 3\}$ ;  $\eta$  – тернарная операция, производная от операции умножения подстановок;

$$n = 3, s = 1, k = 3, \sigma = (123) \in \mathbf{S}_3.$$

Так как  $(123)^3$  – тождественная подстановка, то  $(123)^3 \neq (123)$ .

Ясно, что  $\langle A, \eta \rangle$  – идемпотентная тернарная группа, в которой нет единиц.

Определим на  $A^3$  тернарную операцию

$$\begin{aligned} \eta_{1, (123), 3}(\mathbf{xyz}) &= \eta_{1, (123), 3}((x_1, x_2, x_3)(y_1, y_2, y_3)(z_1, z_2, z_3)) = \\ &= (\eta(x_1 y_{\sigma(1)} z_{\sigma^2(1)}), \eta(x_2 y_{\sigma(2)} z_{\sigma^2(2)}), \eta(x_3 y_{\sigma(3)} z_{\sigma^2(3)})) = \\ &= (\eta(x_1 y_2 z_3), \eta(x_2 y_3 z_1), \eta(x_3 y_1 z_2)). \end{aligned}$$

Пусть  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{y}$  и  $\mathbf{z}$  – те же, что и выше,

$$\mathbf{u} = (u_1, u_2, u_3), \mathbf{v} = (v_1, v_2, v_3).$$

Согласно определению 1.1

$$\begin{aligned} \eta_{1, (123), 3}(\eta_{1, (123), 3}(\mathbf{xyz})\mathbf{uv}) &= \eta_{1, (123), 3}((\eta(x_1 y_2 z_3), \eta(x_2 y_3 z_1), \eta(x_3 y_1 z_2))\mathbf{uv}) = \\ &= (\eta(x_1 y_2 z_3 u_2 v_3), \eta(x_2 y_3 z_1 u_3 v_1), \eta(x_3 y_1 z_2 u_1 v_2)), \\ \eta_{1, (123), 3}(\mathbf{x}\eta_{1, (123), 3}(\mathbf{yzu})\mathbf{v}) &= \eta_{1, (123), 3}(\mathbf{x}(\eta(y_1 z_2 u_3), \eta(y_2 z_3 u_1), \eta(y_3 z_1 u_2))\mathbf{v}) = \\ &= (\eta(x_1 y_2 z_3 u_1 v_3), \eta(x_2 y_3 z_1 u_2 v_1), \eta(x_3 y_1 z_2 u_3 v_2)). \end{aligned}$$

Если

$$x_1 = y_2 = z_3 = u_2 = v_3 = (12), u_1 = (13),$$

то

$$\eta(x_1 y_2 z_3 u_2 v_3) = (12), \eta(x_1 y_2 z_3 u_1 v_3) = (12)(13)(12) = (23),$$

то есть

$$\eta(x_1 y_2 z_3 u_2 v_3) \neq \eta(x_1 y_2 z_3 u_1 v_3).$$

Следовательно, в тернарной группе  $\langle A, \eta \rangle$  не выполняется тождество

$$\eta_{1, (123), 3}(\eta_{1, (123), 3}(\mathbf{xyz})\mathbf{uv}) \neq \eta_{1, (123), 3}(\mathbf{x}\eta_{1, (123), 3}(\mathbf{yzu})\mathbf{v}).$$

Так как последовательности

$$(12)(12), (13)(13), (23)(23)$$

являются нейтральными в тернарной группе  $\langle A, \eta \rangle$ , то по теореме 1.3 в ней не выполняется и тождество

$$\eta_{1, (123), 3}(\mathbf{x}\eta_{1, (123), 3}(\mathbf{y}\mathbf{z}\mathbf{u})\mathbf{v}) \neq \eta_{1, (123), 3}(\mathbf{x}\eta_{1, (123), 3}(\mathbf{z}\mathbf{u}\mathbf{v}))$$

Таким образом, в тернарной группе  $\langle A, \eta \rangle$  не выполняются все тождества вида (3).

Следующая теорема является аналогом теоремы 1.4 для  $n$ -арных групп. При этом наличие идемпотентов в  $n$ -арной группе  $\langle A, \eta \rangle$ , как это предполагалось в вопросе 2.1, необязательно.

**Теорема 2.1.** Пусть  $\langle A, \eta \rangle$  – неодноэлементная  $n$ -арная группа, подстановка  $\sigma$  из  $S_k$  удовлетворяет условию  $\sigma^l \neq \sigma$ . Тогда в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  для любого  $i \in \{2, \dots, l\}$  не выполняется тождество (3).

**Доказательство.** Если предположить выполнимость в  $A$  тождества из условия теоремы, то

$$\begin{aligned} & \eta(\mathbf{x}_1 \mathbf{x}_2^{f_\sigma} \dots \mathbf{x}_{l-1}^{f_\sigma^{l-2}} \mathbf{x}_l^{f_\sigma^{l-1}} \mathbf{x}_{l+1}^{f_\sigma} \dots \mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{i-1}} \mathbf{x}_{l+i}^{f_\sigma^i} \dots \mathbf{x}_{2l-2}^{f_\sigma^{l-2}} \mathbf{x}_{2l-1}^{f_\sigma^{l-1}}) = \\ & = \eta(\mathbf{x}_1 \mathbf{x}_2^{f_\sigma} \dots \mathbf{x}_{i-1}^{f_\sigma^{i-2}} \eta(\mathbf{x}_i \mathbf{x}_{i+1}^{f_\sigma} \dots \mathbf{x}_{l-1}^{f_\sigma^{l-i-1}} \mathbf{x}_l^{f_\sigma^{l-i}} \mathbf{x}_{l+1}^{f_\sigma^{l-i+1}} \dots \mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{i-1}}) \mathbf{x}_{l+i}^{f_\sigma^i} \dots \mathbf{x}_{2l-1}^{f_\sigma^{l-1}}), \end{aligned}$$

откуда

$$\begin{aligned} & \eta(\mathbf{x}_1 \mathbf{x}_2^{f_\sigma} \dots \mathbf{x}_{l-1}^{f_\sigma^{l-2}} \mathbf{x}_l^{f_\sigma^{l-1}} \mathbf{x}_{l+1}^{f_\sigma} \dots \mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{i-1}} \mathbf{x}_{l+i}^{f_\sigma^i} \dots \mathbf{x}_{2l-2}^{f_\sigma^{l-2}} \mathbf{x}_{2l-1}^{f_\sigma^{l-1}}) = \\ & = \eta(\mathbf{x}_1 \mathbf{x}_2^{f_\sigma} \dots \mathbf{x}_{i-1}^{f_\sigma^{i-2}} \mathbf{x}_i^{f_\sigma^{i-1}} \mathbf{x}_{i+1}^{f_\sigma^i} \dots \mathbf{x}_{l-1}^{f_\sigma^{l-2}} \mathbf{x}_l^{f_\sigma^{l-1}} \mathbf{x}_{l+1}^{f_\sigma^l} \dots (\mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{l-1}})^{f_\sigma^{i-1}} \mathbf{x}_{l+i}^{f_\sigma^i} \dots \mathbf{x}_{2l-1}^{f_\sigma^{l-1}}). \end{aligned}$$

Для любого  $a \in A$  положим

$$\mathbf{x}_1 = \dots = \mathbf{x}_{l+i-2} = \mathbf{x}_{l+i} = \dots = \mathbf{x}_{2l-2} = \mathbf{a} = \underbrace{(\mathbf{a}, \dots, \mathbf{a})}_k$$

Тогда в силу утверждения 4) леммы 1.1 последнее равенство принимает вид

$$\eta(\underbrace{\mathbf{a} \dots \mathbf{a}}_{l+i-2} \mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{i-1}} \underbrace{\mathbf{a} \dots \mathbf{a}}_{l-i}) = \eta(\underbrace{\mathbf{a} \dots \mathbf{a}}_{l+i-2} \eta(\mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{l-1}})^{f_\sigma^{i-1}} \underbrace{\mathbf{a} \dots \mathbf{a}}_{l-i}).$$

Так как  $\langle A^k, \eta \rangle$  –  $n$ -арная группа, то

$$\mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{i-1}} = (\mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{l-1}})^{f_\sigma^{i-1}}.$$

А так как, согласно лемме 1.2,  $f_\sigma^{i-1}$  – автоморфизм  $n$ -арной полугруппы  $\langle A^k, \eta \rangle$ , то из этого равенства следует равенство

$$\mathbf{x}_{l+i-1} = \mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{l-1}},$$

которое равносильно равенству

$$\mathbf{x}_{l+i-1}^\varepsilon = \mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{l-1}},$$

где  $\varepsilon$  – тождественная подстановка. В свою очередь, из этого равенства, ввиду утверждения 3) леммы 1.1, следует

$$\mathbf{x}_{l+i-1}^\varepsilon = \mathbf{x}_{l+i-1}^{f_\sigma^{l-1}}.$$

Так как элемент  $\mathbf{x}_{l+i-1}$  выбран в  $A^k$  произвольно, то, применив к последнему равенству лемму 1.3, получим  $\varepsilon = \sigma^{l-1}$ , то есть  $\sigma^l = \sigma$ , что невозможно. Теорема доказана.

**З а м е ч а н и е 2.1.** Так как во всякой  $n$ -арной группе существуют нейтральные последовательности, то утверждение теоремы 2.1 при  $i = l$  содержится в следующем следствии, вытекающем из теоремы 1.3.

**Следствие 2.1.** Пусть  $\langle A, \eta \rangle$  – неодноэлементная  $n$ -арная группа, подстановка  $\sigma$  из  $S_k$  удовлетворяет условию  $\sigma^l \neq \sigma$ . Тогда в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  не выполняется тождество (2).

Теоремы 1.2 и 2.1 позволяют сформулировать следующую теорему.

**Теорема 2.2.** Если  $\langle A, \eta \rangle$  – неодноэлементная  $n$ -арная группа, то  $l$ -арная операция  $\eta_{s, \sigma, k}$  является ассоциативной тогда и только тогда, когда  $\sigma^l = \sigma$ .

Полагая в теоремах 2.1 и 2.2  $n = 2$ , получим следующие два следствия.

**Следствие 2.2.** Пусть  $A$  – неединичная группа, подстановка  $\sigma$  из  $S_k$  удовлетворяет условию  $\sigma^l \neq \sigma$ . Тогда в  $\langle A^k, [\ ]_{l, \sigma, k} \rangle$  для любого  $i \in \{2, \dots, l\}$  не выполняется тождество

$$[[\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_i]_{l, \sigma, k} \mathbf{x}_{i+1} \dots \mathbf{x}_{2l-1}]_{l, \sigma, k} = [\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_{i-1} [\mathbf{x}_i \dots \mathbf{x}_{i+l-1}]_{l, \sigma, k} \mathbf{x}_{i+l} \dots \mathbf{x}_{2l-1}]_{l, \sigma, k}.$$

**Следствие 2.3.** Если  $A$  – неединичная группа, то  $l$ -арная операция  $[\ ]_{l, \sigma, k}$  является ассоциативной тогда и только тогда, когда  $\sigma^l = \sigma$ .

**З а м е ч а н и е 2.2.** Установленная в примере 2.1 невыполнимость для тернарной операции  $\eta_{1, (132), 3}$  всех тождеств вида (3) следует из теоремы 2.1, так как тернарный группоид  $\langle R^3, \eta \rangle$  является тернарной группой.

**3. Следствия для некоторых подстановок.** Согласно определению  $l$ -арной операции  $\eta_{s, \sigma, k}$  ее арность имеет вид  $l = s(n-1) + 1$ , где  $s \geq 1$ . Если  $\sigma$  – подстановка порядка  $t \geq 2$  из  $S_k$ ,  $s(n-1) + 1 = tr$  для некоторых целых  $s \geq 1$ ,  $r \geq 1$ , то подстановка  $\sigma'$  является тождественной, то есть отлична от  $\sigma$ . Поэтому теорема 2.1 позволяет сформулировать следующую теорему.

**Теорема 3.1.** Пусть  $\langle A, \eta \rangle$  – неодноэлементная  $n$ -арная группа,  $\sigma$  – подстановка порядка  $t \geq 2$  из  $S_k$ ,  $s(n-1) + 1 = tr$  для некоторых целых  $s \geq 1$ ,  $r \geq 1$ . Тогда в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  для любого  $i \in \{2, \dots, l\}$  не выполняется тождество (3).

Так как любой цикл длины  $t$  из  $S_k$  имеет порядок  $t$ , то из теоремы 3.1 вытекает

**Следствие 3.1.** Пусть  $\langle A, \eta \rangle$  – неодноэлементная  $n$ -арная группа,  $2 \leq t \leq k$ ,  $\sigma$  – цикл длины  $t$  из  $S_k$ ,  $s(n-1) + 1 = tr$  для некоторых целых  $s \geq 1$ ,  $r \geq 1$ . Тогда в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  для любого  $i \in \{2, \dots, l\}$  не выполняется тождество (3).

**З а м е ч а н и е 3.1.** Следствие 3.1 справедливо, например, для цикла  $\sigma = (12 \dots t)$ .

Полагая в следствии 3.1  $r = 1$ , получим

**Следствие 3.2.** Пусть  $\langle A, \eta \rangle$  – неодноэлементная  $n$ -арная группа,  $s(n-1) + 1 \leq k$  для некоторого целого  $s \geq 1$ ,  $\sigma$  – цикл длины  $l = s(n-1) + 1$  из  $S_k$ . Тогда в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  для любого  $i \in \{2, \dots, l\}$  не выполняется тождество (3).

Полагая в следствии 3.1  $t = 3$ , получим

**Следствие 3.3.** Пусть  $\langle A, \eta \rangle$  – неодноэлементная  $n$ -арная группа,  $k \geq 3$ ,  $\sigma$  – цикл длины 3 из  $S_k$ ,  $s(n-1) + 1 = 3r$  для некоторых целых  $s \geq 1$ ,  $r \geq 1$ . Тогда в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  для любого  $i \in \{2, \dots, l\}$  не выполняется тождество (3).

Полагая в следствии 3.1  $t = 2$ , получим

**Следствие 3.4.** Пусть  $\langle A, \eta \rangle$  – неодноэлементная  $n$ -арная группа,  $\sigma$  – транспозиция из  $S_k$ ,  $s(n-1) + 1 = 2r$  для некоторых целых  $s \geq 1$ ,  $r \geq 1$ . Тогда в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  для любого  $i \in \{2, \dots, l\}$  не выполняется тождество (3).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гальмак, А.М. О полиадических операциях на декартовых степенях / А.М. Гальмак, А.Д. Русаков // Известия ГГУ им. Ф. Скорины. – 2014. – № 3. – С. 35–40.
2. Гальмак, А.М. Многочестные ассоциативные операции на декартовых степенях / А.М. Гальмак // Весці НАН Беларусі. – 2008. – № 3. – С. 28–34.
3. Гальмак, А.М. Многочестные операции на декартовых степенях / А.М. Гальмак. – Минск: Изд. центр БГУ, 2009. – 265 с.
4. Post, E.L. Polyadic groups / E.L. Post // Trans. Amer. Math. Soc. – 1940. – Vol. 48, № 2. – P. 208–350.
5. Русаков, А.Д. О неполуассоциативности полиадической операции  $\eta_{s, \sigma, k}$  / А.Д. Русаков // Проблемы физики, математики и техники. – 2017. – № 1. – С. 68–72.
6. Dörnte, W. Untersuchungen über einen verallgemeinerten Gruppenbegriff / W. Dörnte // Math. Z. – 1928. – Bd. 29. – S. 1–19.
7. Гальмак, А.М. О неассоциативности  $l$ -арной операции  $\eta_{s, \sigma, k}$  / А.М. Гальмак, В.Л. Мережа, А.Д. Русаков // Известия ГГУ им. Ф. Скорины. – 2018. – № 3. – С. 150–154.
8. Гальмак, А.М. О разрешимости уравнений в  $\langle A^k, \eta_{s, \sigma, k} \rangle$  / А.М. Гальмак // Веснік МДУ імя А.А. Куляшова. – 2018. – № 1(51). – С. 4–10.

## REFERENCES

1. Galmak A.M., Rusakov A.D. *Izvestiya Gomelskogo gosuniversiteta im. F. Skorini* [Proceedings of F. Skorina Gomel State University], 2014, 3, pp. 35–40.
2. Galmak A.M. *Vesti NAN Belarusi* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus], 2008, 3, pp. 28–34.
3. Galmak A.M. *Mnogomestniye operatsii na dekartovykh stepeniakh* [Multiplace Operations on Cartesian Powers], Minsk, BGU, 2009, 265 p.
4. Post E.L. Polyadic groups / E.L. Post // Trans. Amer. Math. Soc. – 1940. – Vol. 48, № 2. – P. 208–350.
5. Rusakov A.D. *Problemi fiziki, matematiki i tekhniki* [Issues of Physics, Mathematics and Technology], 2017, 1, pp. 68–72.
6. Dörnte W. Untersuchungen über einen verallgemeinerten Gruppenbegriff / W. Dörnte // Math. Z. – 1928. – Bd. 29. – S. 1–19.
7. Galmak A.M., Merezha V.L., Rusakov A.D. *Izvestiya Gomelskogo gosuniversiteta im. F. Skorini* [Proceedings of F. Skorina Gomel State University], 2018, 3, pp. 150–154.
8. Galmak A.M. *Vesnik Magileuskaga dziazhaunaga universiteta imia A.A. Kuliashova* [Proceedings of A.A. Kuliashov Mogilev State University], 2018, 1(51), pp. 4–10.

Поступила в редакцию 06.06.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: halm54@mail.ru – Гальмак А.М.

# Стабилизированность одного класса вполне интегрируемых линейных стационарных систем Пфаффа

О.В. Храмов

Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»

*В работе объектом исследования являются вполне интегрируемые стационарные системы Пфаффа, которые линейны по входу – управлению и по выходу – состоянию системы. Такие системы изучались на обладание ими различными свойствами, например, свойством полной управляемости, континуум управляемости, максимальной управляемости. В настоящей работе рассматривается вопрос об обладании указанными системами свойством стабилизации. Под стабилизацией понимается построение с помощью обратной связи такой вполне интегрируемой стационарной системы Пфаффа, тривиальное решение которой является асимптотически устойчивым в первом квадранте плоскости изменения двумерного аргумента.*

*Цель статьи – получение условий, при выполнении которых линейная стационарная вполне интегрируемая система Пфаффа обладает свойством стабилизации в случае векторного управления.*

**Материал и методы.** *Материалом исследования является дифференциальная модель процесса в виде линейной стационарной вполне интегрируемой системы Пфаффа в специальной форме. Методами исследования выступают методы матричного анализа, методы теории систем дифференциальных уравнений Пфаффа, метод внешних форм Картана.*

**Результаты и их обсуждение.** *В работе определено понятие свойства стабилизации линейной стационарной вполне интегрируемой системы Пфаффа, представленной в специальной форме. Рассмотрен один класс систем Пфаффа, для которого в случае векторного управления получен критерий обладания системами этого класса свойством стабилизации. Критерий стабилизации носит ранговый характер от некоторой матрицы, составленной с помощью известных матриц исходной системы. Проверка критерия не вызывает затруднений, так как вычисления проводятся в рамках матричного анализа. Исследование носит фундаментальный характер.*

**Заключение.** *Известно, что для вполне управляемой системы обыкновенных дифференциальных уравнений имеет место не только стабилизация, но и возможно построение любого наперед заданного спектра. Для систем Пфаффа в случае наличия свойства стабилизируемости задача построения любого наперед заданного спектра разрешима не всегда.*

**Ключевые слова:** *система Пфаффа, полная интегрируемость, управляемость, стабилизация.*

## Stabilizability of a Class of Completely Integrated Linear Stationary Pfaffian Systems

O.V. Khramtsov

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*The research object is completely integrated stationary Pfaffian systems which are linear at the entrance – controllability and the exit – the state of the system. Such systems were investigated from the point of view of their possessing different qualities, such as the quality of complete controllability, continuum controllability, maximum controllability. The issue of the mentioned systems possessing the quality of stabilizability is studied in the present work. Stabilizability is understood as building with the help of the reverse link of such a completely integrated stationary Pfaffian system, the trivial solution of which is asymptotically stable in the first quadrant of the measurement surface of a two-dimensional argument.*

The purpose of the work is obtaining conditions under which the linear stationary completely integrated Pfaffian system possesses the quality of stabilizability in the case of vector controllability.

**Material and methods.** The research object is the differential model of the process in a special form of the linear stationary completely integrated Pfaffian system. The research methods are methods of matrix analysis, methods of the theory of the systems of Pfaffian differential equations, the method of Kartan outer forms.

**Findings and their discussion.** The notion of the stabilizability property of the linear stationary completely integrated Pfaffian system, which is presented in a special form, is identified in the paper. One class of Pfaffian systems is considered for which, in case of vector controllability, a criterion of possession by the systems of this class of the stabilizability property is obtained. The stabilizability criterion is of the range character from some matrix which is composed with the help of the known matrices of the original system. The test of the criterion doesn't cause difficulties since calculations are made within matrix analysis. The research is of fundamental character.

**Conclusion.** Not only stabilizability but also possible building of any beforehand given spectrum takes place for a completely controllable system of ordinary differential equations. For Pfaffian systems in the case of the presence of the stabilizability property the task of building any beforehand given spectrum is not always solvable. The research is of fundamental character. A completely controllable system of simple differential equations is known not only to be stable but also it is possible to build any beforehand given spectrum. For Pfuff systems in case of the presence of the quality of stabilizability the problem of building any beforehand given spectrum can not always be solved.

**Key words:** Pfaffian system, complete integration, stabilizability, controllability.

В данной работе продолжается изучение свойств вполне интегрируемых линейных стационарных систем Пфаффа. В [1–3] получены критерии полной управляемости, континуум управляемости, максимальной управляемости. Р. Калман [4, с. 62] доказал критерий наличия свойства стабилизации для линейных стационарных систем обыкновенных дифференциальных уравнений. В настоящем исследовании решается вопрос о возможности стабилизации линейной стационарной вполне интегрируемой системы Пфаффа в случае векторного управления. Рассматриваемая система является более сложным объектом, ибо представляет собой переопределенную систему дифференциальных уравнений с частными производными. Полученный критерий стабилизации носит ранговый характер от некоторой матрицы, составленной с помощью известных матриц исходной системы.

Цель статьи – получение условий, при выполнении которых линейная стационарная вполне интегрируемая система Пфаффа обладает свойством стабилизации в случае векторного управления.

**Материал и методы.** Материалом исследования является дифференциальная модель процесса в виде линейной стационарной вполне интегрируемой системы Пфаффа в специальной форме [5, с. 323]. Методами исследования выступают методы матричного анализа, методы теории систем дифференциальных уравнений Пфаффа, метод внешних форм Картана.

**Результаты и их обсуждение.**

1. Объект исследования

Рассматривается процесс, описываемый вполне интегрируемой линейной стационарной системой Пфаффа в специальной форме [5, с. 323]:

$$\Theta : dx = (A_1x + B_1u(s))ds_1 + (A_2x + B_2u(s))ds_2, \quad (1.1)$$

где  $s = (s_1, s_2) \in \mathbb{R}^2$ ,  $x \in \mathbb{R}^n$  – выход, состояние системы,  $u \in \mathbb{R}^r$  – вход, управление, непрерывно дифференцируемая вектор-функция,  $r \leq n$ ,  $A_1, A_2, B_1, B_2$  – постоянные вещественные матрицы соответствующих размерностей.

Условия полной интегрируемости [6, с. 44] систем Пфаффа для рассматриваемой системы (1.1) имеют вид [1]:

1. Условие перестановочности матриц  $A_1, A_2$  системы:

$$W \equiv A_2A_1 - A_1A_2 = 0. \quad (1.2)$$

2. Условие согласованности рангов матриц  $B_1, B_2, P$ :

$$\text{rank}[B_1, B_2] = \text{rank}[B_1, B_2, P] = m, \quad P \equiv A_2B_1 - A_1B_2, \quad m \leq r, \quad (1.3.1)$$

$$\exists \alpha \in \mathbb{R}^2 : \text{rank}[\alpha_1B_1 + \alpha_2B_2] = m, \quad \alpha = (\alpha_1, \alpha_2). \quad (1.3.2)$$

При выполнении условий (1.2), (1.3) для заданного вектора  $u$  система (1.1) имеет единственное решение с начальным условием  $x(0) = x^0$ .

Выполнение условий (1.2), (1.3) означает, согласно теории систем Пфаффа, что система (1.1) находится в инволюции [7, с. 176] и не требует продолжения [7, с. 287] в инволюцию.

Критерий полной управляемости линейных вполне интегрируемых стационарных систем Пфаффа состоит в ранговом условии [1]:

$$\exists \alpha \in \mathbb{R}^2 : \text{rank}[B_1(\alpha), A_1(\alpha)B_1(\alpha), \dots, A_1^{n-1}(\alpha)B_1(\alpha)] = n, \quad \alpha = (\alpha_1, \alpha_2), \quad (1.4)$$

где  $B_1(\alpha) = \alpha_1 B_1 + \alpha_2 B_2$ ,  $A_1(\alpha) = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2$ .

Если условие согласованности рангов (1.3) выполняется для некоторого вектора  $\alpha$ , то оно имеет место для континуум направлений, задаваемых векторами  $\alpha$ . Это утверждение справедливо и для критерия управляемости (1.4). Поэтому существует континуум векторов  $\alpha$ , что оба условия выполняются одновременно. Взяв такие векторы  $\alpha, \beta$ , перейдем в системе (1.1) к новому векторному аргументу  $t$ :

$$s = Mt, \quad s = (s_1, s_2), \quad t = (t_1, t_2), \quad M = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \beta_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 \end{pmatrix}, \quad \det M \neq 0. \quad (1.5)$$

При этом присвоим новым матрицам прежние обозначения:

$$B_1 := B_1(\alpha) = \alpha_1 B_1 + \alpha_2 B_2, \quad A_1 := A_1(\alpha) = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2, \quad (1.6)$$

$$B_2 := B_2(\beta) = \beta_1 B_1 + \beta_2 B_2, \quad A_2 := A_2(\beta) = \beta_1 A_1 + \beta_2 A_2.$$

В результате получается система для состояния системы  $y$ :

$$dy = (A_1 y + B_1 u(t)) dt_1 + (A_2 y + B_2 u(t)) dt_2, \quad y = x(Mt). \quad (1.7)$$

Матрицы системы (1.7) удовлетворяют условиям: условию перестановочности (1.2), условию согласованности рангов (1.3), которое принимает вид

$$\text{rank} B_1 = \text{rank} B_2 = \text{rank}[B_1, P] = m, \quad P \equiv A_2 B_1 - A_1 B_2, \quad m \leq r, \quad (1.8)$$

и критерию управляемости, запись которого формально упростится:

$$\text{rank}[B_1, A_1 B_1, \dots, A_1^{n-1} B_1] = n. \quad (1.9)$$

Условие (1.8) означает существование такой вещественной матрицы  $K$ , что имеет место равенство

$$B_2 = B_1 K. \quad (1.10)$$

## II. Постановка задачи

Свойство стабилизации состоит в следующем. Пусть обратная связь имеет вид

$$u_i = c_{[i]} y, \quad c_{[i]} \equiv (c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{in}), \quad i \in \{1, \dots, m\}, \quad C \equiv ((c_{[i]}))_1^m, \quad (2.1)$$

где каждая вещественная вектор-строка  $c_{[i]}$  подлежит определению. При замыкании системы (1.1) обратной связью (2.1) (т.е. подстановка значения  $u$  из (2.1) в (1.1)) она переходит в систему

$$dx = H_1 x ds_1 + H_2 x ds_2, \quad (2.2)$$

здесь  $H_i = A_i + B_i C, i = 1, 2$ .

**Определение 1.** Система (1.1) обладает свойством стабилизации тогда и только тогда по определению, когда существует такая вещественная матрица  $C$ , что замкнутая система (2.2) является вполне интегрируемой и ее тривиальное решение асимптотически устойчиво в первом квадранте  $S = [0, \infty) \times [0, \infty)$  плоскости изменения векторного аргумента  $s = (s_1, s_2)$ .

**З а д а ч а.** Указать условия на матрицы системы (1.1), при которых система Пфаффа обладает свойством стабилизации согласно определению 1.

## III. Вспомогательные утверждения

Пусть линейное преобразование  $L$  задается с помощью произвольной постоянной невырожденной вещественной матрицы  $D$

$$Dz = y, \quad \det D \neq 0. \quad (3.1)$$

Система (1.7) с учетом (1.10) принимает вид

$$dz = (DA_1 D^{-1} z + DB_1 u(t)) dt_1 + (DA_2 D^{-1} z + DB_2 u(t)) dt_2. \quad (3.2)$$

**Лемма 1.** При линейном преобразовании  $L$  свойство перестановочности для матриц системы (3.2) сохраняется.

Действительно, в силу (1.2) справедливо равенство

$$\bar{W} = \bar{A}_2 \bar{A}_1 - \bar{A}_1 \bar{A}_2 = DA_2 D^{-1} DA_1 D^{-1} - DA_1 D^{-1} DA_2 D^{-1} = DWD^{-1} = 0$$

(здесь черта сверху означает новые матрицы в системе (3.2) после преобразования (3.1)).

**Лемма 2.** При линейном преобразовании  $L$  свойство согласованности рангов сохраняется.

Действительно, справедливо равенство

$$\text{rank}[DB_1, DB_2, DA_2 D^{-1} DB_2 - DA_1 D^{-1} DB_1] = \text{rank}[B_1, B_2, A_2 B_2 - A_1 B_1] = m$$

в силу свойства ранга произведения матриц [8, с. 25].

**Лемма 3.** При линейном преобразовании  $L$  критерий полной управляемости (1.8) сохраняется.

Справедливость леммы доказывается аналогичными рассуждениями.

Пусть имеются две пары, составленные из матрицы и вектора:  $F, q$  и  $G, w$ , где известная матрица  $F$  представлена в канонической форме [9, с. 239]

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ f_1 & f_2 & f_3 & \dots & f_n \end{bmatrix}, \quad (3.3)$$

а также известны векторы и вещественное число  $k$

$$q = (0, 0, \dots, 0, 1)^T, \quad w = kq, \quad k \in \mathbb{R}^1, \quad (3.4)$$

и выполняется условие согласованности рангов ( $m = 1$ )

$$\text{rank}[q, w, Gq - Fw] = 1. \quad (3.5)$$

Имеет место

**Теорема 1.** Матрица  $G$ , перестановочная с матрицей  $F$

$$FG = GF \quad (3.6)$$

и удовлетворяющая условию согласованности рангов (3.5), представима в виде

$$G = pE + kF, \quad \forall p \in \mathbb{R}^1. \quad (3.7)$$

**Доказательство.** Условие (3.7) означает, что имеет место равенство  $Fw - Gq = pq$ ,  $\forall p \in \mathbb{R}^1$ , а для его выполнения необходимо и достаточно для элементов матрицы  $G = (g_{ij})_{11}^{nn}$  наличие равенств

$$g_{1n} = g_{2n} = \dots = g_{n-2,n} = 0, \quad g_{n-1,n} = k, \quad g_{nn} = kf_n + p. \quad (a.1)$$

Матрицы для условия (3.6) с учетом (a.1) имеют представление

$$FG = \begin{bmatrix} g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} & g_{25} & \dots & g_{2,n-1} & 0 \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} & g_{34} & g_{35} & \dots & g_{3,n-1} & 0 \\ g_{41} & g_{42} & g_{43} & g_{44} & g_{45} & \dots & g_{4,n-1} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{n-2,1} & g_{n-2,2} & g_{n-2,3} & g_{n-2,4} & g_{n-2,5} & \dots & g_{n-2,n-1} & 0 \\ g_{n-1,1} & g_{n-1,2} & g_{n-1,3} & g_{n-1,4} & g_{n-1,5} & \dots & g_{n-1,n-1} & k \\ g_{n1} & g_{n2} & g_{n3} & g_{n4} & g_{n5} & \dots & g_{n,n-1} & g_{nn} \\ fg^{[1]} & fg^{[2]} & fg^{[3]} & fg^{[4]} & fg^{[5]} & \dots & fg^{[n-1]} & fg^{[n]} \end{bmatrix},$$

здесь  $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ ,  $g^{[i]}$  –  $i$ -й столбец матрицы  $G$ ,  $fg^{[n]} = kf_{n-1} + f_n(kf_n + p)$ ,  $g_{nn} = kf_n + p$ .

$$GF = \begin{bmatrix} 0 & g_{11} & g_{12} & g_{13} & g_{14} & \dots & g_{1,n-2} & g_{1,n-1} \\ 0 & g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} & \dots & g_{2,n-2} & g_{2,n-1} \\ 0 & g_{31} & g_{32} & g_{33} & g_{34} & \dots & g_{3,n-2} & g_{3,n-1} \\ 0 & g_{41} & g_{42} & g_{43} & g_{44} & \dots & g_{4,n-2} & g_{4,n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & g_{n-2,1} & g_{n-2,2} & g_{n-2,3} & g_{n-2,4} & \dots & g_{n-2,n-2} & g_{n-2,n-1} \\ kf_1 & r_{n-1,2} & r_{n-1,3} & r_{n-1,4} & r_{n-1,5} & \dots & r_{n-1,n-1} & r_{n-1,n} \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & r_{n4} & r_{n5} & \dots & r_{n,n-1} & r_{nn} \end{bmatrix},$$

здесь элементы предпоследней строки в матрице  $GF$  имеют значения

$$r_{n-1,1} = kf_1, r_{n-1,2} = g_{n-1,1} + kf_2, r_{n-1,3} = g_{n-1,2} + kf_3, \dots, r_{n-1,n} = g_{n-1,n-1} + kf_n,$$

а элементы последней строки соответственно

$$r_{n1} = f_1(kf_n + p), r_{n2} = g_{n1} + f_2(kf_n + p), r_{n3} = g_{n2} + f_3(kf_n + p), \dots, \\ r_{nn} = g_{n,n-1} + f_n(kf_n + p).$$

Используем условие перестановочности (3.6) для нахождения элементов матрицы  $G$ . Равенство первых столбцов дает значения элементов

$$g_{21} = g_{31} = g_{41} = \dots = g_{n-1,1} = 0, \quad g_{n1} = kf_1, \quad (a.2)$$

причем равенство последних координат в первых столбцах  $f_1(kf_n + p) = fg^{[1]}$  с учетом (a.1)–(a.2) определяет значение элемента

$$g_{11} = p. \quad (a.3)$$

Равенство вторых столбцов с учетом (a.1)–(a.3) дает значения элементов

$$g_{22} = g_{11} = p, \quad g_{32} = g_{21} = 0, \quad g_{42} = g_{31} = 0, \quad \dots, \quad g_{n-2,2} = g_{n-3,1} = 0, \quad g_{n-1,2} = g_{n-2,1} = 0, \\ g_{n2} = g_{n-1,1} + kf_2 = kf_2, \quad (a.4)$$

причем равенство последних координат во вторых столбцах  $g_{n1} + f_2(kf_n + p) = fg^{[2]}$  с учетом (a.1)–(a.4) определяет значение элемента

$$g_{12} = k. \quad (a.5)$$

Равенство третьих столбцов с учетом (a.1)–(a.5) дает значения элементов

$$g_{23} = g_{12} = k, \quad g_{33} = g_{22} = p, \quad g_{43} = g_{32} = 0, \quad \dots, \quad g_{n-1,3} = g_{n-2,2} = 0, \\ g_{n3} = g_{n-1,2} + kf_3 = kf_3, \quad (a.6)$$

причем равенство последних координат в третьих столбцах  $g_{n2} + f_3(kf_n + p) = fg^{[3]}$  с учетом (a.1)–(a.4) определяет значение элемента

$$g_{13} = 0. \quad (a.7)$$

Равенство четвертых столбцов с учетом (a.1)–(a.7) дает значения элементов

$$g_{24} = g_{13} = 0, \quad g_{34} = g_{23} = k, \quad g_{44} = g_{33} = p, \quad g_{54} = g_{43} = 0, \quad \dots, \quad g_{n-1,4} = g_{n-2,3} = 0, \quad g_{n4} = g_{n-1,3} + kf_4 = kf_4, \quad (a.8)$$

причем равенство последних координат в четвертых столбцах  $g_{n3} + f_4(kf_n + p) = fg^{[4]}$  с учетом (a.1)–(a.4) определяет значение элемента

$$g_{14} = 0. \quad (a.9)$$

Равенство предпоследних столбцов с учетом (a.1)–(a.i) дает значения элементов

$$g_{2,n-1} = g_{1,n-2} = 0, \quad g_{3,n-1} = g_{2,n-2} = 0, \quad \dots, \quad g_{n-3,n-1} = g_{n-4,n-2} = 0, \quad g_{n-2,n-1} = g_{n-3,n-2} = k, \quad g_{n-1,n-1} = g_{n-2,n-2} = p,$$

$$g_{n,n-1} = g_{n-1,n-2} + kf_{n-1} = kf_{n-1}, \quad (a.2n-4)$$

причем равенство последних координат в предпоследних столбцах  $g_{-n,n-1} + f_{n-1}(kf_n + p) = fg^{[n-1]}$  с учетом (a.1)–(a.2n-4) определяет значение элемента

$$g_{1n} = 0. \quad (a.2n-3)$$

Равенство последних столбцов с учетом (a.1)–(a.2n-3) является проверкой проведенных вычислений

$$0 = g_{1,n-1}, \quad 0 = g_{2,n-1}, \quad \dots, \quad 0 = g_{n-3,n-1}, \quad k = g_{n-2,n-1}, \quad p = g_{n-1,n-1}, \\ g_{nn} = g_{n-1,n-1} + kf_n,$$

причем равенство последних координат в последних столбцах  $g_{n,n-1} + f_n(kf_n + p) = fg^{[n]}$  с учетом (a.1)–(a.2n-3) определяет равенство  $0 = 0$ . Проверка подтверждает правильность вычислений.

Полученные (a.i) значения элементов  $g_{ij}$  дают матрицу

$$G = \begin{bmatrix} p & k & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p & k & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & k \\ kf_1 & kf_2 & kf_3 & \dots & kf_n + p \end{bmatrix} = pE + kF,$$

где матрица  $F$  определена в (3.3), число  $k$  задано в (3.4), а число  $p$  произвольно. Теорема 1 доказана.

#### IV. Свойство стабилизации в случае скалярного управления

В рассматриваемом случае скалярного управления в системе (1.1) матрицы  $B_1, B_2$  переходят в векторы  $b_1, b_2$ , для которых условие согласования рангов (1.3) имеет вид

$$\text{rank}[b_1, b_2] = \text{rank}[b_1, b_2, A_2 b_1 - A_1 b_2] = 1,$$

что означает линейную зависимость между векторами  $b_1, b_2$

$$\exists k_0 \in \mathbb{R}^1 : b_2 = k_0 b_1. \quad (4.1)$$

Поэтому система (1.1) имеет вид

$$dx = (A_1 x + b_1 u(s)) ds_1 + (A_2 x + k_0 b_1 u(s)) ds_2, \quad u \in \mathbb{R}^1. \quad (4.2)$$

При преобразовании аргумента (1.5) появляются новые векторы

$$\hat{b}_1 := (\alpha_1 + k_0 \alpha_2) b_1, \quad \hat{b}_2 := k \hat{b}_1, \quad k \equiv (\beta_1 + k_0 \beta_2) / (\alpha_1 + k_0 \alpha_2), \quad (4.3)$$

а система (1.7) получает в силу обозначений (4.3) вид

$$dy = (\hat{A}_1 y + \hat{b}_1 u(t)) dt_1 + (\hat{A}_2 y + k \hat{b}_1 u(t)) dt_2, \quad (4.4)$$

при этом матрицы  $\hat{A}_i$  перестановочны и определены в (1.6).

Имеет место

**Теорема 2.** При выполнении рангового условия

$$\text{rank}K(\hat{b}_1, \hat{A}_1) = n, \quad K(\hat{b}_1, \hat{A}_1) \equiv [\hat{b}_1, \hat{A}_1 \hat{b}_1, \dots, \hat{A}_1^{n-1} \hat{b}_1], \quad (4.5)$$

всегда возможно построение с помощью обратной связи  $u = su$  спектра матрицы  $(\hat{A}_1 + \hat{b}_1 c)$  с произвольными собственными числами  $\lambda_i$ , при этом собственные числа  $\mu_i$  матрицы  $(\hat{A}_2 + k \hat{b}_1 c)$  вычисляются по формулам

$$\mu_i = k \lambda_i + p. \quad (4.6)$$

**Доказательство.** Пусть выполнено условие (4.5). Построим новый базис

$$\begin{aligned}
 e_1 &= \hat{A}_1^{n-1} + \alpha_1 \hat{A}_1^{n-2} \hat{b}_1 + \dots + \alpha_{n-3} \hat{A}_1^2 \hat{b}_1 + \alpha_{n-2} \hat{A}_1 \hat{b}_1 + \alpha_{n-1} \hat{b}_1, \\
 e_2 &= \hat{A}_1^{n-2} \hat{b}_1 + \alpha_1 \hat{A}_1^{n-3} \hat{b}_1 + \dots + \alpha_{n-3} \hat{A}_1 \hat{b}_1 + \alpha_{n-2} \hat{b}_1, \\
 &\dots \\
 e_{n-1} &= \hat{A}_1 \hat{b}_1 + \alpha_1 \hat{b}_1, \\
 e_n &= \hat{b}_1.
 \end{aligned}
 \tag{в.1}$$

Здесь  $\alpha_i$  – коэффициенты характеристического многочлена матрицы  $\hat{A}_1$ .

В результате применения к системе (4.4) линейного преобразования

$$Dz = y, \quad D = [e_1, e_2, \dots, e_n], \quad \det D \neq 0, \tag{в.2}$$

она переходит в систему

$$dz = (D\hat{A}_1 D^{-1}z + D\hat{b}_1 u(t))dt_1 + (D\hat{A}_2 D^{-1}z + Dk\hat{b}_1 u(t))dt_2. \tag{в.3}$$

В новом базисе (в.1) получаются [9, с. 55] значения векторов

$$D\hat{b}_1 = q, \quad Dk\hat{b}_1 = kq, \quad q = (0, \dots, 0, 1)^T. \tag{в.4}$$

В свою очередь матрица  $D\hat{A}_1 D^{-1} \equiv F$  является [9, с. 55] матрицей канонического представления

$$F = \begin{bmatrix}
 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\
 -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & -a_{n-3} & \dots & -a_2 & -a_1
 \end{bmatrix}. \tag{в.5}$$

Согласно теореме 1 условие перестановочности и условие согласованности рангов определяют матрицу  $D\hat{A}_2 D^{-1} \equiv G = pE + kF$  в виде

$$G = \begin{bmatrix}
 p & k & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\
 0 & p & k & 0 & \dots & 0 & 0 \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & p & k \\
 -ka_n & -ka_{n-1} & -ka_{n-2} & -ka_{n-3} & \dots & -ka_2 & -ka_1 + p
 \end{bmatrix} \tag{в.6}$$

В матрице  $G$  вещественное число  $p$  произвольно. Поэтому получен целый класс  $\Theta(p, k)$  систем Пфаффа (в.3)

$$dz = (Fz + qu(t))dt_1 + (Gz + kqu(t))dt_2, \tag{в.7}$$

здесь матрицы  $F, G$  и вектор  $q$  определены равенствами (в.5), (в.6) и (в.4) соответственно.

В матрице  $F$  числа  $a_i, i=1, \dots, n$ , являются коэффициентами характеристического многочлена

$$\chi_{\hat{A}_1}(\lambda) \equiv |E\lambda - \hat{A}_1| = \lambda^n + a_1 \lambda^{n-1} + \dots + a_n \tag{в.8}$$

матрицы  $\hat{A}_1$ . Более того [8, с. 56], характеристические многочлены матриц  $\hat{A}_1$  и  $F$  совпадают

$$\chi_{\hat{A}_1}(\lambda) \equiv \chi_F(\lambda). \tag{в.9}$$

В свою очередь характеристический многочлен матрицы  $G$  имеет вид

$$\chi_G(\mu) \equiv |E\mu - G| = |E\mu - (pE + kF)| = k \left| E \frac{\mu - p}{k} - F \right| =$$

$$= \hat{\lambda}^n + a_1 \hat{\lambda}^{n-1} + \dots + a_n = \chi_G(\hat{\lambda}), \quad \hat{\lambda} = \frac{\mu - p}{k}. \quad (\text{в.10})$$

Из равенств (в.8)–(в.10) следует совпадение характеристических многочленов  $\chi_G(\hat{\lambda}) \equiv \chi_F(\lambda)$ , а это означает, что собственные числа матриц  $F$  и  $G$  связаны равенством

$$\lambda_i = \frac{\mu_i - p}{k}, \quad \text{или} \quad \mu_i = k\lambda_i + p. \quad (\text{в.11})$$

Для решения задачи стабилизации используется обратная связь

$$u = cx, \quad c = (c_1, c_2, \dots, c_n), \quad (\text{в.12})$$

где произвольная вещественная вектор-строка  $C$  подлежит определению. При замыкании системы (в.7) обратной связью (в.12) получается система

$$dz = H_1 z dt_1 + H_2 z dt_2, \quad (\text{в.13})$$

здесь  $H_1 = F + qc, \quad H_2 = G + kqc.$

Через непосредственные вычисления можно убедиться в том, что матрицы  $H_1, H_2$  перестановочны. Строка с номером  $n$  в матрице  $H_1$  имеет вид

$$(H_1)_{[n]} = (-a_n + c_1, -a_{n-1} + c_2, \dots, -a_1 + c_n).$$

Поэтому характеристическое уравнение  $|\lambda E - H_1| = 0$  для матрицы  $H_1$  имеет представление

$$\chi_{H_1}(\lambda) \equiv \lambda^n + (a_1 - c_n)\lambda^{n-1} + (a_2 - c_{n-1})\lambda^{n-2} + \dots + (a_{n-1} - c_2)\lambda + (a_n - c_1) = 0. \quad (\text{в.14})$$

В свою очередь характеристическое уравнение  $|\hat{\lambda} E - H_2| = 0$  для матрицы  $H_2$  в силу (в.10) имеет аналогичный вид

$$\chi_{H_2}(\hat{\lambda}) \equiv \hat{\lambda}^n + (a_1 - c_n)\hat{\lambda}^{n-1} + (a_2 - c_{n-1})\hat{\lambda}^{n-2} + \dots + (a_{n-1} - c_2)\hat{\lambda} + (a_n - c_1) = 0. \quad (\text{в.15})$$

В характеристическом уравнении (в.14) возможно построение каждого из его коэффициентов за счет произвольности выбора каждой компоненты  $C_i$  вектора  $C$ . Значит, осуществимо построение любого наперед заданного спектра матрицы  $H_1$ , при этом имеет место равенство (4.6) в силу равенства (в.11). Теорема 2 доказана.

Назовем радиусом для строящихся спектров число  $\rho = \max(\min\{\text{Re}\lambda_j, \text{Re}\mu_j\})$ , где  $\lambda_j, \mu_j$  – собственные числа матриц  $H_1, H_2$ . Благодаря теореме 2 имеет место

**Теорема 3.** При выполнении рангового условия (4.5) вполне интегрируемая система (4.2) обладает свойствами:

1. В случае сонаправленности векторов  $b_1, b_2$  ( $k_0 > 0$ ) и  $\forall p \in \mathbb{R}^1$  система стабилизируема, при этом радиус спектра не ограничен.
2. В случае противоположной направленности векторов  $b_1, b_2$  ( $k_0 < 0$ ) и  $p \neq 0$  система стабилизируема, при этом радиус спектра ограничен.
3. В случае противоположной направленности векторов  $b_1, b_2$  ( $k_0 < 0$ ) при наличии равенства  $p = 0$  система не стабилизируема.

До к а з а т е л ь с т в о. В результате возвращения согласно (1.5) в системе (в.3) к исходному аргументу

$$t = M^{-1}s, \quad M^{-1} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} \beta_2 & -\beta_1 \\ -\alpha_2 & \alpha_1 \end{bmatrix}, \quad \Delta = \alpha_1\beta_2 - \alpha_2\beta_1 \neq 0,$$

получится система

$$dz = \tilde{H}_1 ds_1 + \tilde{H}_2 ds_2. \quad (\text{с.1})$$

Собственные числа  $\tilde{\lambda}_i, \tilde{\mu}_i$  матриц  $\tilde{H}_1, \tilde{H}_2$  соответственно имеют значения

$$\tilde{\lambda}_i = \frac{\beta_2}{\Delta} \lambda_i - \frac{\alpha_2}{\Delta} \mu_i, \quad \tilde{\mu}_i = \frac{-\beta_1}{\Delta} \lambda_i + \frac{\alpha_1}{\Delta} \mu_i, \quad (c.2)$$

где  $\lambda_i, \mu_i$  – собственные числа матриц  $F, G$  соответственно. Для стабилизируемости системы (c.1) согласно определению 1 необходимо и достаточно наличие условий

$$\operatorname{Re} \tilde{\lambda}_i < 0, \quad \operatorname{Re} \tilde{\mu}_i < 0, \quad (c.3)$$

или подробно, учитывая равенства (4.6),

$$\frac{1}{\Delta} [x(\beta_2 - k\alpha_2) - \alpha_2 p] < 0, \quad \frac{1}{\Delta} [x(-\beta_1 + k\alpha_1) + \alpha_1 p] < 0, \quad (x = \operatorname{Re} \lambda_i). \quad (c.4)$$

З а м е ч а н и е. Коэффициенты при параметре  $x$  в силу определения числа  $k$  из (4.3) имеют значения

$$\frac{1}{\Delta} (\beta_2 - k\alpha_2) = \frac{1}{\alpha_1 + k_0 \alpha_2}, \quad \frac{1}{\Delta} (-\beta_1 + k\alpha_1) = \frac{k_0}{\alpha_1 + k_0 \alpha_2}. \quad (c.5)$$

Доказательство утверждений теоремы проведем через рассмотрение всех вариантов для величин

$$\Delta, s(\alpha) = \alpha_1 + k_0 \alpha_2, k_0, p.$$

Вариант 1111:  $\Delta > 0, s(\alpha) > 0, k_0 > 0, p > 0$ . В этом случае согласно (c.5) получим неравенства (c.4) одного смысла

$$x \frac{1}{\alpha_1 + k_0 \alpha_2} < \frac{\alpha_2 p}{\Delta}, \quad x \frac{k_0}{\alpha_1 + k_0 \alpha_2} < -\frac{\alpha_1 p}{\Delta}. \quad (c.6)$$

Согласно теореме 2 параметр  $x$  можно построить произвольным. Поэтому существует решение системы (c.6) на неограниченном промежутке

$$Y_{1111} = (-\infty, x_0), \quad x_0 = \min \left\{ \frac{\alpha_2 p}{\Delta} s(\alpha), -\frac{\alpha_1 p}{k_0 \Delta} s(\alpha) \right\} = -\frac{\alpha_1 p}{k_0 \Delta} s(\alpha),$$

при котором выполняются условия (c.3), (c.4). Стабилизируемость системы (c.1) для варианта 1111 доказана, при этом радиус спектра не ограничен.

Аналогичные вычисления дают результаты для остальных вариантов.

Вариант 1112:  $\Delta > 0, s(\alpha) > 0, k_0 > 0, p < 0$ . Система (c.1) стабилизируема с неограниченным радиусом спектра, и интервал для параметра  $X$  имеет представление:  $Y_{1112} = (-\infty, \frac{\alpha_2 p s(\alpha)}{\Delta})$ .

Вариант 1113:  $\Delta > 0, s(\alpha) > 0, k_0 > 0, p = 0$ . Система (c.1) стабилизируема с неограниченным радиусом спектра, и интервал для параметра  $X$  имеет представление:  $Y_{1113} = (-\infty, 0)$ .

Вариант 1121:  $\Delta > 0, s(\alpha) > 0, k_0 < 0, p > 0$ . Система (c.4) не имеет решения, и условие (c.3) не реализуемо:  $Y_{1121} = \emptyset$  (здесь символ  $\emptyset$  означает фразу «пустое множество»).

Вариант 1122:  $\Delta > 0, s(\alpha) > 0, k_0 < 0, p < 0$ . Система (c.1) стабилизируема с ограниченным радиусом спектра, и интервал для параметра  $x$  имеет представление:  $Y_{1122} = (-\frac{\alpha_1 p}{k_0 \Delta} s(\alpha), \frac{\alpha_2 p}{\Delta} s(\alpha))$ .

Вариант 1123:  $\Delta > 0, s(\alpha) > 0, k_0 < 0, p = 0$ . Система (c.4) не имеет решения, и условие (c.3) не реализуемо:  $Y_{1123} = \emptyset$ .

Вариант 1211:  $\Delta > 0, s(\alpha) < 0, k > 0, p > 0$ . Система (с.1) стабилизируема с неограниченным радиусом спектра, и интервал для параметра  $x$  имеет представление:  $Y_{1211} = (\frac{\alpha_2 p s(\alpha)}{\Delta}, \infty)$ .

Вариант 1212:  $\Delta > 0, s(\alpha) < 0, k > 0, p < 0$ . Система (с.1) стабилизируема с неограниченным радиусом спектра, и интервал для параметра  $x$  имеет представление:  $Y_{1212} = (-\frac{\alpha_1 p s(\alpha)}{k_0 \Delta}, \infty)$ .

Вариант 1213:  $\Delta > 0, s(\alpha) < 0, k_0 > 0, p = 0$ . Система (с.1) стабилизируема с неограниченным радиусом спектра, и интервал для параметра  $x$  имеет представление:  $Y_{1213} = (0, \infty)$ .

Вариант 1221:  $\Delta > 0, s(\alpha) < 0, k_0 < 0, p > 0$ . Система (с.1) стабилизируема с ограниченным радиусом спектра, и интервал для параметра  $x$  имеет представление:  $Y_{1221} = (\frac{\alpha_2 p}{\Delta} s(\alpha), -\frac{\alpha_1 p}{k_0 \Delta} s(\alpha))$ .

Вариант 1222:  $\Delta > 0, s(\alpha) < 0, k_0 < 0, p = 0$ . Система (с.4) не имеет решения, и условие (с.3) не реализуемо:  $Y_{1222} = \emptyset$ .

Вариант 1223:  $\Delta > 0, s(\alpha) < 0, k_0 < 0, p = 0$ . Система (с.4) не имеет решения, и условие (с.3) не реализуемо:  $Y_{1223} = \emptyset$ .

Вариант 1131:  $\Delta > 0, s(\alpha) > 0, k_0 = 0, p > 0$ . Система (с.4) не имеет решения, и условие (с.3) не реализуемо:  $Y_{1131} = \emptyset$ .

Вариант 1132:  $\Delta > 0, s(\alpha) > 0, k_0 = 0, p < 0$ . Тогда  $\alpha_1 < 0$ . Система (с.1) стабилизируема с неограниченным радиусом спектра, и интервал для параметра  $x$  имеет представление:  $Y_{1132} = (-\infty, x_0)$ ,  $x_0 = \min\{0, \frac{\alpha_1 \alpha_2 p}{\Delta}\}$ .

Вариант 1133:  $\Delta > 0, s(\alpha) > 0, k_0 = 0, p = 0$ . Система (с. 4) не имеет решения, и условие (с. 3) не реализуемо:  $Y_{1133} = \emptyset$ .

Вариант 1231:  $\Delta > 0, s(\alpha) < 0, k_0 = 0, p > 0$ . Тогда  $\alpha_1 < 0$ . Система (с.1) стабилизируема с неограниченным радиусом спектра, и интервал для параметра  $x$  имеет представление:  $Y_{1231} = (-\infty, x_0)$ ,  $x_0 = \min\{0, \frac{\alpha_2 p}{\Delta}\}$ .

Вариант 1232:  $\Delta > 0, s(\alpha) < 0, k_0 = 0, p < 0$ . Система (с.4) не имеет решения, и условие (с.3) не реализуемо:  $Y_{1232} = \emptyset$ .

Вариант 1233:  $\Delta > 0, s(\alpha) < 0, k_0 = 0, p = 0$ . Система (с.4) не имеет решения, и условие (с.3) не реализуемо:  $Y_{1233} = \emptyset$ .

Рассмотрение вариантов 1111–1113 или вариантов 1211–1213 дает выполнение условий (с. 3), (с. 4) стабилизации системы (с.1) с неограниченным радиусом возможного спектра. При линейном преобразовании  $Dx = z$  (матрица  $D$  определена в (в.2)) системы (с.1) получается замыкание системы (4.2), у которой согласно [8, с. 56] спектр матриц сохраняется. Первое утверждение теоремы 3 доказано.

Рассмотрение варианта 1122 или варианта 1221 дает выполнение условий (с.3), (с.4) стабилизации системы (с. 1) с ограниченным радиусом возможного спектра. При линейном преобразовании  $Dx = z$  (матрица  $D$  определена в (в.2)) системы (с.1) получается замыкание системы (4.2), у которой согласно [8, с. 56] спектр матриц сохраняется. Второе утверждение теоремы 3 доказано.

Рассмотрение варианта 1123 или варианта 1223 показывает, что условия (с.3), (с.4) стабилизации системы (с.1) не выполняются. Это означает, что система (4.2) не стабилизируема. Третье утверждение теоремы 3 доказано, а вместе с ним и вся теорема 3.

V. Стабилизируемость одного класса линейных вполне интегрируемых стационарных систем Пфаффа в случае векторного управления

В пункте I построена система (1.7)

$$dy = (A_1 y + B_1 u(t)) dt_1 + (A_2 y + B_2 u(t)) dt_2. \quad (5.1)$$

Матрицы системы удовлетворяют условиям: условию перестановочности (1.2), условию согласованности рангов (1.8), критерию управляемости (1.9)

$$\text{rank}[B_1, A_1 B_1, \dots, A_1^{n-1} B_1] = n. \quad (5.2)$$

Условие (5.2) означает справедливость равенства

$$\text{rank}[b_1, A_1 b_1, \dots, A_1^{m_1-1} b_1, b_2, A_1 b_2, \dots, A_1^{m_2-1} b_2, \dots, b_m, A_1 b_m, \dots, A_1^{m_m-1} b_m] = n, \quad (5.3)$$

$$m_1 + m_2 + \dots + m_m = m.$$

Здесь столбцы  $b_i$  взяты из матрицы  $B_1$ , если необходимо, то перенумерованы; компоненты вектора  $u_i$  управления  $u$ , соответствующие не вошедшим в (5.3) векторам, положены тождественно равными нулю; и, наконец, за размерностью оставшегося вектора управления  $u$  сохранено обозначение  $m$ .

Введем в рассмотрение класс  $\Theta_{khr}$  систем Пфаффа, обладающих дополнительными свойствами:

1) свойство полноты частичного ранга (дополнительное к условию (5.3))

$$\text{rank}[b_i, A_1 b_i, \dots, A_1^{m_i-1} b_i, A_1^{m_i} b_i] = \text{rank}[b_i, A_1 b_i, \dots, A_1^{m_i-1} b_i], \quad i \in \{1, \dots, m\},$$

которое означает наличие равенств

$$A_1^{m_i} + \alpha_{i1} A_1^{m_i-1} b_i + \dots + \alpha_{i, m_i-2} A_1^2 b_i + \alpha_{i, m_i-1} A_1 b_i + \alpha_{i, m_i} b_i = 0; \quad (5.4)$$

2) свойство коллинеарности матриц  $B_1, B_2$

$$B_2 = B_1 K, \quad K \equiv \begin{bmatrix} k_{01} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_{02} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & k_{0m} \end{bmatrix}, \quad k_{0i} \in \mathbb{R}^1; \quad (5.5)$$

3) свойство различимости спектра матрицы  $A_1$ :  $\exists \alpha \in \mathbb{R}^2$ , что матрица  $\alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2$  имеет все различные между собой собственные числа.

Существует континуум векторов  $\alpha$ , для которых свойство 3) выполняется. Поэтому считаем, что преобразование (1.5) дает систему (5.1), у которой матрица  $A_1$  имеет спектр, все собственные числа которого различны.

Справедлива

**Теорема 4.** Система линейных вполне интегрируемых стационарных уравнений Пфаффа класса  $\Theta_{khr}$  представима в виде композиции линейно независимых подсистем.

Доказательство. Составим невырожденную матрицу

$$D = [e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1, m_1}; e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2, m_2}; \dots; e_{m1}, e_{m2}, \dots, e_{m, m_m}]$$

из нового базиса

$$e_{i1} = A_1^{m_i-1} + \alpha_{i1} A_1^{m_i-2} b_i + \dots + \alpha_{i, m_i-3} A_1^2 b_i + \alpha_{i, m_i-2} A_1 b_i + \alpha_{i, m_i-1} b_i,$$

$$e_{i2} = A_1^{m_i-2} b_i + \alpha_{i1} A_1^{m_i-3} b_i + \dots + \alpha_{i, m_i-3} A_1 b_i + \alpha_{i, m_i-2} b_i,$$

$$\dots$$

$$e_{i, m_i-1} = A_1 b_i + \alpha_{i1} b_i,$$

$$e_{i, m_i} = b_i,$$

$$i \in \{1, \dots, m_m\}$$

Здесь  $\alpha_{i1}$  – коэффициенты характеристического многочлена из уравнений (5.4).

Применение к системе (5.2) линейного преобразования  $Dz = y$  с учетом равенства (5.4) дает систему

$$dz = (DA_1D^{-1}z + DB_1u(t))dt_1 + (DA_2D^{-1}z + DB_2Ku(t))dt_2. \quad (5.6)$$

В силу свойства 1) полноты частичного ранга и свойства 2) коллинеарности матриц выражения для матриц системы (5.6) имеют согласно теореме 1 вид

$$DA_1D^{-1} \equiv F = \begin{bmatrix} F_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & F_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & F_m \end{bmatrix},$$

$$F_i = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ -a_{i,m_i} & -a_{i,m_i-1} & -a_{i,m_i-2} & -a_{i,m_i-3} & \dots & -a_{i2} & -a_{i1} \end{bmatrix},$$

$$i \in \{1, \dots, m_m\}.$$

Неизвестную матрицу  $G \equiv DA_2D^{-1}$  разобьем на блоки согласно блокам матрицы  $F$ :  $G = ((G_{ij}))_{11}^{mn}$ .

В силу свойства 3) различимости спектра матрицы  $A_1$  блоки  $F_i$  не имеют общих собственных чисел. Поэтому матрица  $G$  перестановочна с матрицей  $F$  тогда и только тогда, когда [10, с. 193] блоки на главных диагоналях перестановочны, а остальные блоки нулевые:  $F_iG_i = G_iF_i$ ,  $i \in \{1, \dots, m\}$ ,  $G_{ij} = 0$ ,  $i \neq j$ .

Таким образом, система (5.6) представляется в виде композиции линейно независимых подсистем

$$\{dZ_i = (F_iZ_i + q_iu_i(t))dt_1 + (G_iZ_i + k_iq_iu_i(t))dt_2, \quad i \in \{1, \dots, m\}, \quad (5.7)$$

здесь вектор состояния

$$z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_m),$$

$$Z_1 = (z_1, z_2, \dots, z_{m_1}), Z_2 = (z_{m_1+1}, z_{m_1+2}, \dots, z_{m_1+m_2}), \dots, Z_m = (z_{m-m_m+1}, z_{m-m_m+2}, \dots, z_m).$$

По теореме 1 матрицы  $G_i = p_iE + k_iF_i$ , вектор  $q_i = (0, 0, \dots, 0, 1) \in \mathbb{R}^{m_i}$ , вещественные числа  $k_{0i}$  определены в свойстве коллинеарности (5.4), коэффициенты  $k_i = (\beta_1 + k_{0i}\beta_2) / (\alpha_1 + k_{0i}\alpha_2)$  вычисляются аналогично формулам (4.3), а собственные числа  $\lambda_{ij}, \mu_{ij}$  матриц  $F_i, G_i$  соответственно связаны равенствами вида (4.6)

$$\mu = k_{0i}\lambda_{ij} + p_i.$$

Теорема 4 доказана.

В силу теоремы 4 имеет место

**Теорема 5.** Система линейных вполне интегрируемых стационарных систем Пфаффа класса  $\Theta_{khr}$  обладает свойствами:

1. В случае попарной сонаправленности векторов  $b_i^{[1]}, b_i^{[2]}$  ( $k_{0i} > 0$ ) матриц  $B_1, B_2$  для любых вещественных чисел  $p_i \in \mathbb{R}^1$ ,  $i \in \{1, \dots, m\}$ , система стабилизируема, при этом радиус спектра не ограничен.

2. В случае попарной противоположной направленности векторов  $b_i^{[1]}, b_i^{[2]}$  ( $k_{0i} < 0$ ) матриц  $B_1, B_2$  для любого вещественного числа  $p_i \neq 0$ ,  $i \in \{1, \dots, m\}$ , система стабилизируема, при этом радиус спектра ограничен.

3. В случае конечного числа  $r_1$  пар сонаправленных векторов  $b_i^{[1]}, b_i^{[2]}$  ( $k_{0i} > 0$ ) при  $p_i \in \mathbb{R}^1$  и конечного числа  $r_2$  пар противоположно направленных векторов  $b_i^{[1]}, b_i^{[2]}$  ( $k_{0i} < 0$ ) при  $p_i \neq 0$ , ( $r_1 + r_2 = m$ ) система

стабилизируема. Для части спектра, соответствующей первому случаю, радиус спектра не ограничен. Для части спектра, соответствующей второму случаю, радиус спектра ограничен.

4. Система не стабилизируема в случае существования хотя бы одного такого номера  $i$ , что векторы  $b_i^{(1)}, b_i^{(2)}$  ( $k_{0i} < 0$ ) матриц  $B_1, B_2$  противоположно направлены и соответствующее вещественное число  $\rho_i = 0$ .

**Доказательство.** Для стабилизируемости системы Пфаффа класса  $\Theta_{khr}$  необходима и достаточна стабилизируемость системы вида (5.7), а для этого необходима и достаточна стабилизируемость каждой из подсистем композитной системы (5.7). Применение теоремы 3 для каждой подсистемы системы (5.7) дает справедливость утверждений теоремы 5. Теорема 5 доказана.

**Заключение.** В работе объектом исследования являются линейные вполне интегрируемые стационарные системы Пфаффа. Введено понятие свойства стабилизации. В случае скалярного управления получен критерий обладания такими системами свойством стабилизации. В случае векторного управления доказан критерий обладания свойством стабилизации для одного класса систем Пфаффа. Критерии стабилизации носят ранговый характер от некоторой матрицы, составленной с помощью известных матриц исходной системы. Проверка критериев не вызывает затруднений, так как вычисления проводятся в рамках матричного анализа.

Для системы обыкновенных дифференциальных уравнений  $X' = AX + BU$  в случае выполнения условия  $\text{rank}[B, AB, \dots, A^{n-1}B] = n$  Р. Калман [4] доказал полную управляемость и стабилизируемость этой системы. Как показывают результаты данной работы, в случае вполне управляемой системы Пфаффа имеют место варианты: возможна стабилизируемость с бесконечным радиусом строящегося спектра, возможна стабилизируемость с конечным радиусом строящегося спектра, и, в исключительных случаях, стабилизируемость невозможна. Более того, для вполне управляемой системы обыкновенных дифференциальных уравнений имеет место не только стабилизация, но и возможно построение любого наперед заданного спектра. Для систем Пфаффа в случае наличия свойства стабилизируемости задача построения любого наперед заданного спектра разрешима не всегда. Исследование носит фундаментальный характер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Храмов, О.В. К управляемости стационарных систем Пфаффа / О.В. Храмов // Дифференциальные уравнения. – 1985. – Т. 21, № 11. – С. 1933–1939.
2. Храмов, О.В. Задача континуум управляемости линейных стационарных систем Пфаффа / О.В. Храмов // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2010. – № 3. – С. 54–59.
3. Храмов, О.В. Относительная управляемость линейных стационарных вполне интегрируемых систем Пфаффа / О.В. Храмов // Дифференциальные уравнения. – 2014. – № 6. – С. 817–824.
4. Калман, Р. Очерки по математической теории систем / Р. Калман, П. Фалб, М. Арbib. – М.: Наука, 1971. – 426 с.
5. Рашевский, П.К. Геометрическая теория уравнений с частными производными / П.К. Рашевский. – М.: Гостехиздат, 1947. – 354 с.
6. Гайшун, И.В. Вполне разрешимые многомерные дифференциальные уравнения / И.В. Гайшун. – Минск: Наука и техника, 1983. – 371 с.
7. Фиников, С.П. Метод внешних форм Картана / С.П. Фиников. – М.–Л.: ГИТТЛ, 1948. – 432 с.
8. Хорн, Р. Матричный анализ / Р. Хорн, Ч. Джонсон. – М.: Мир, 1989. – 656 с.
9. Андреев, Ю.Н. Управление конечномерными линейными объектами / Ю.Н. Андреев. – М.: Наука, 1976. – 424 с.
10. Гантмахер, Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер. – М.: Наука, 1988. – 548 с.

#### REFERENCES

1. Khramtsov O.V. *Differents. uravneniya* [Differential Equations], 1985, 21(11), pp. 1933–1939.
2. Khramtsov O.V. *Vesnik VDU* [Journal of Vitebsk State University], 2010, 3, pp. 54–59.
3. Khramtsov O.V. *Differents. uravneniya* [Differential Equations], 2014, 6, pp. 817–824.
4. Kalman R., Falb P., Arbib M. *Ocherki po matematicheskoi teorii system* [Stories on the Mathematical Theory of Systems], Moscow, Nauka, 1971, 426 p.
5. Rashevski P.K. *Geometricheskaya teoriya uravnenii s chastnymi proizvodnymi* [Geometric Theory of Equations with Partial Derivatives], Moscow, Gostekhizdat, 1947, 354 p.
6. Gaishun I.V. *Vpolne razreshimiye mnogomerniye differentsialniye uravneniya* [Completely Solvable Multidimensional Differential Equations], Minsk, Nauka i tekhnika, 1983, 371 p.
7. Finikov S.P. *Metod vneshnikh form Kartana* [Kartan Outer Form Method], Moscow–Leningrad, GITTL, 1948, 432 p.
8. Chorn R., Johnson Ch. *Matrichni analiz* [Matrix Analysis], Moscow, Mir, 1989, 656 p.
9. Andreyev Yu.N. *Upravleniye konechnomernymi lineinymi obyektami* [Control of Final Dimensional Linear Objects], Moscow, Nauka, 1976, 424 p.
10. Gantmakher F.R. *Teoriya matrits* [Theory of Matrices], Moscow, Nauka, 1988, 548 p.

Поступила в редакцию 25.04.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: kgima@vsu.by – Храмов О.В.

## Математическое моделирование и расчет напряженно-деформированного состояния коротких балок

Т.В. Никонова, Е.А. Воланцевич, Е.Ф. Колпакова

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

*Проблема обеспечения безопасности зданий и сооружений является весьма актуальной. При проектировании строительных конструкций необходимо проводить анализ напряженно-деформированного состояния.*

*Цель статьи – построение математической модели, позволяющей рассчитать напряженно-деформированное состояние коротких балок с различными геометрическими и физическими параметрами, а также разработать пакет прикладных программ для проведения расчетов по полученным формулам.*

**Материал и методы.** *Материалом исследования является балка с защемленным правым и свободным левым концами, нагруженная квадратической нагрузкой  $q_0$ , а на части длины – сосредоточенной силой  $P$ . Для проведения исследования используется метод начальных параметров.*

**Результаты и их обсуждение.** *Построена математическая модель, способствующая проведению расчета прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы балки с защемленным правым и свободным левым концами, нагруженной квадратической нагрузкой, а на части длины – сосредоточенной силой. С использованием полученных формул разработан пакет прикладных программ, позволяющих проводить расчеты при заданных физических и геометрических параметрах и строить эпюры всех изучаемых величин изогнутой балки. Расчеты выполняются средствами табличного процессора Microsoft Excel с применением языка программирования Visual Basic for Applications (VBA), пакетом математических расчетов Mathcad, пакетом прикладных программ MATLAB.*

**Заключение.** *Результаты могут быть использованы при расчете напряженно-деформированного состояния коротких балок с различными геометрическими и физическими параметрами.*

**Ключевые слова:** *балка с защемленным концом, квадратичная нагрузка балки, сосредоточенная сила.*

## Mathematic Modeling and Calculation of the Stress and Strain State of Short Balks

T.V. Nikonova, E.A. Volantsevich, E.F. Kolpakova

Educational Establishment «Vitebsk State Technological University»

*The issue of buildings and constructions safety is rather topical. In construction design it is necessary to analyze the stress and strain state.*

*The purpose of the article is building up a mathematic model, which makes it possible to calculate the a balk with fixed stress and strain state of short balks with different geometric and physical parameters, as well as working out a software package to calculate the obtained formula.*

**Material and methods.** *The research object is a balk with the fixed right and free left edge which is loaded with  $q_0$  quadratic load while a part of the length – with  $P$  concentrated force. The original parameter method is used in the research.*

**Findings and their discussion.** *A mathematic model is build that makes it possible to calculate the deflection, the angle of rotation, the bending moment and the shear force of the balk with the fixed right and the free left edge, which is loaded with  $q_0$  quadratic load while a part of the length – with  $P$  concentrated force. Using the obtained formula we worked out a software package to perform calculations with the given physical and geometric parameters as well as build plots of all the studied quantities of the curved balk. The calculations are performed with Microsoft Excel table processor using Visual Basic for Applications (VBA), with Mathcad, the software package MATLAB.*

**Conclusion.** *The findings can be used in calculating the stress and strain state of short balks with different geometric and physical parameters.*

**Key words:** *balk with the fixed edge, quadratic load of the balk, concentrated force.*

**П**роблема обеспечения безопасности зданий и сооружений является весьма актуальной. При проектировании строительных конструкций необходимо проводить анализ напряженно-деформированного состояния (НДС), возникающего при заданных внешних нагрузках, а также исследовать вопросы потери устойчивости. Изучение изгиба балок представляет собой объемную и сложную задачу, которая приводит к применению информационных технологий для решения обозначенного и проведению расчетов, что значительно уменьшает время работы, помогает избежать вычислительных ошибок.

Цель статьи – построение математической модели, позволяющей рассчитать напряженно-деформированное состояние коротких балок с различными геометрическими и физическими параметрами.

**Материал и методы.** В данной работе рассмотрим балку с защемленным правым и свободным левым концами, нагруженную квадратической нагрузкой  $q_0$ , а на части длины – сосредоточенной силой  $P$  (рис. 1).

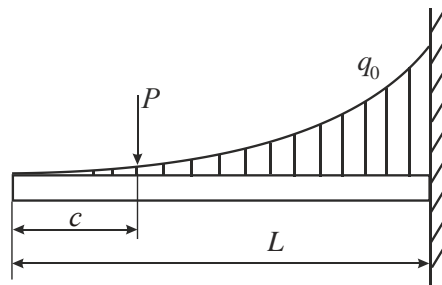


Рис. 1. Схема балки

Здесь  $c$  – расстояние от свободного конца балки до точки приложения сосредоточенной силы,  $L$  – длина балки.

Применим метод начальных параметров. В качестве исходного используем дифференциальное уравнение изгиба оси балки 4-го порядка [1]

$$EIv^{IV} = q(x), \tag{1}$$

где  $EI$  – жесткость балки,  $v$  – прогиб,  $q(x)$  – нагрузка, приложенная к балке.

Выполнив последовательное интегрирование его левой и правой частей, найдем решение уравнения (1)

$$EIv(x) = C_1 \frac{x^3}{3!} + C_2 \frac{x^2}{2!} + C_3 x + C_4 + v_{неодн}(x), \tag{2}$$

где  $C_i$  – произвольные постоянные,  $v_{неодн}(x)$  – частное решение неоднородного уравнения (1).

Согласно методу начальных параметров:  $v(0) = \frac{C_4}{EI}$ , угол наклона оси балки  $v'(0) = \frac{C_3}{EI}$ , изгибающий момент  $M(0) = -C_2$ ; перерезывающая сила  $Q(0) = -C_1$ .

Вводя обозначения  $v_0 = v(0)$ ,  $v'_0 = v'(0)$ ,  $M_0 = M(0)$ ,  $Q_0 = Q(0)$ , приходим к выражению для определения прогиба в любой точке оси изогнутой балки

$$v(x) = v_0 + v'_0 x - \frac{M_0 x^2}{2EI} - \frac{Q_0 x^3}{6EI} + \frac{v_{неодн}(x)}{EI}. \tag{3}$$

Последнее слагаемое в формуле (3) выражает влияние внешней нагрузки, приложенной к балке.

Для рассматриваемой нагрузки, приложенной к балке, выражение частного решения  $v_{неодн}(x)$  имеет вид [1]

$$v_{неодн}(x) = q \frac{x^6}{6!L^2} + \begin{cases} 0, & x \leq c \\ \frac{p(x-c)^3}{3!}, & x > c. \end{cases} \tag{4}$$

**Результаты и их обсуждение.** Таким образом, выражение для расчета прогиба балки (3) при подстановке в него выражения (4) будет иметь вид

$$v(x) = v_0 + v'_0 x - \frac{M_0 x^2}{2EI} - \frac{Q_0 x^3}{6EI} + q \frac{x^6}{6!L^2 EI} + \begin{cases} 0, & x \leq c \\ \frac{p(x-c)^3}{3!EI}, & x > c. \end{cases} \tag{5}$$

Выражение для расчета угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы получается дифференцированием соотношения (5).

$$M(x) = -EIv''(x), \quad Q(x) = -EIv'''(x). \tag{6}$$

В данной задаче балка закреплена на правом конце, а левый свободен, следовательно,

$$v(L) = v'(L) = 0, \quad M(0) = Q(0) = 0. \quad (7)$$

Приравняв нулю выражения для  $v(x)$  и  $v'(x)$  при  $x = L$ , а также для  $M(x)$  и  $Q(x)$  при  $x = 0$ , получим, что  $M_0 = 0$ ,  $Q_0 = 0$ . Для определения оставшихся двух начальных параметров  $v_0$ ,  $v'_0$  имеем систему двух линейных алгебраических уравнений (8).

$$\begin{cases} v_0 + v'_0 \cdot L = -q \frac{L^4}{6!EI} - \frac{p(L-c)^3}{3!EI}, \\ v'_0 = -q \frac{L^3}{5!EI} - \frac{p(L-c)^2}{2!EI}. \end{cases} \quad (8)$$

С применением языка VBA [2] в Microsoft Excel создана форма пользователя (рис. 2). При запуске программы выводится схема балки и предлагается ввести исходные значения для проведения расчетов. При вводе параметров балки предусмотрена защита от некорректного ввода данных пользователем. Далее для определения двух неизвестных начальных параметров производится решение системы линейных алгебраических уравнений (8). Также предусмотрена процедура очистки полученных результатов при повторном задании других параметров расчета. Для вывода диаграмм на форму создан код, который отображает эпюры для прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы балки с листа Excel. Также выводятся значения изучаемых параметров  $v(x)$ ,  $v'(x)$ ,  $M(x)$  и  $Q(x)$  с установленным шагом по всей длине балки.

Аналогичные вычисления были проведены пакетом математических расчетов Mathcad [3] (рис. 3) и пакетом прикладных программ MATLAB [4] (рис. 4). Совпадение результатов расчета, полученных различными программными продуктами, подтверждает их правильность. Одним из преимуществ Microsoft Excel является возможность построения эпюр высокой степени наглядности благодаря наличию гибких настроек области построения графика. Более быстро реализовывать решение поставленной задачи позволяет пакет математических расчетов MathCAD. Для решения однотипных задач с разными начальными данными целесообразнее пользоваться программируемой системой MATLAB, т.к. она способствует созданию универсального программного кода для решения.

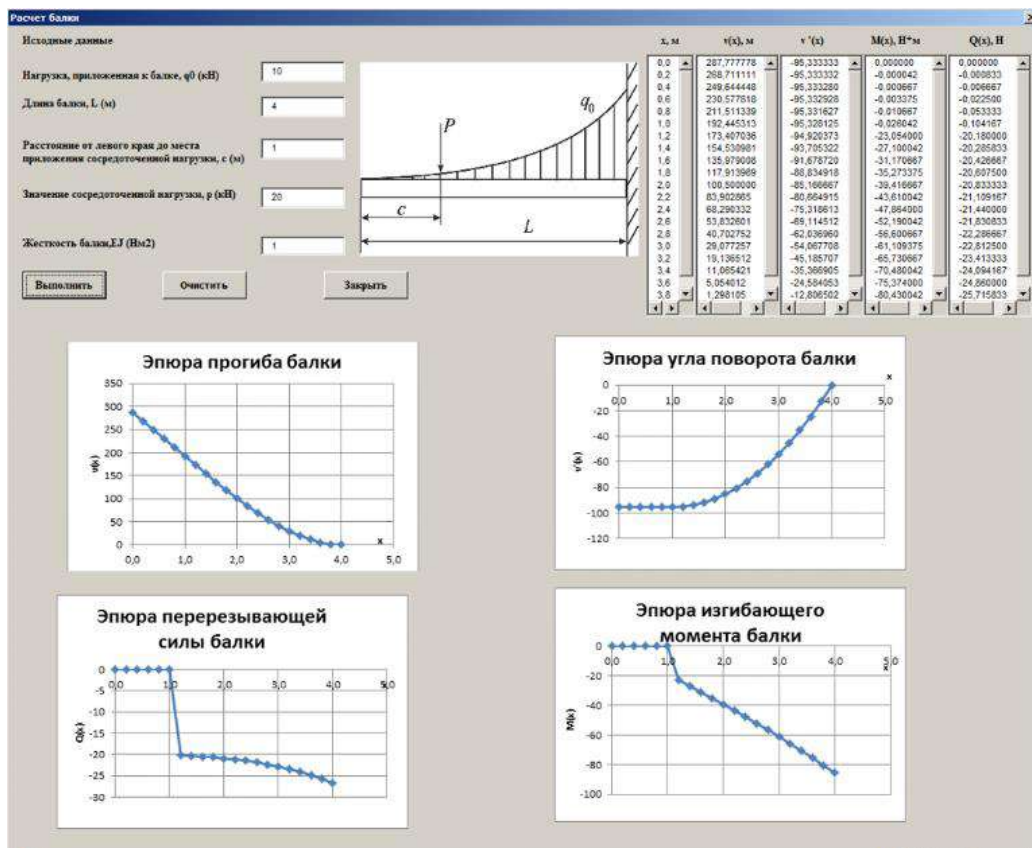


Рис. 2. Рабочее окно программы

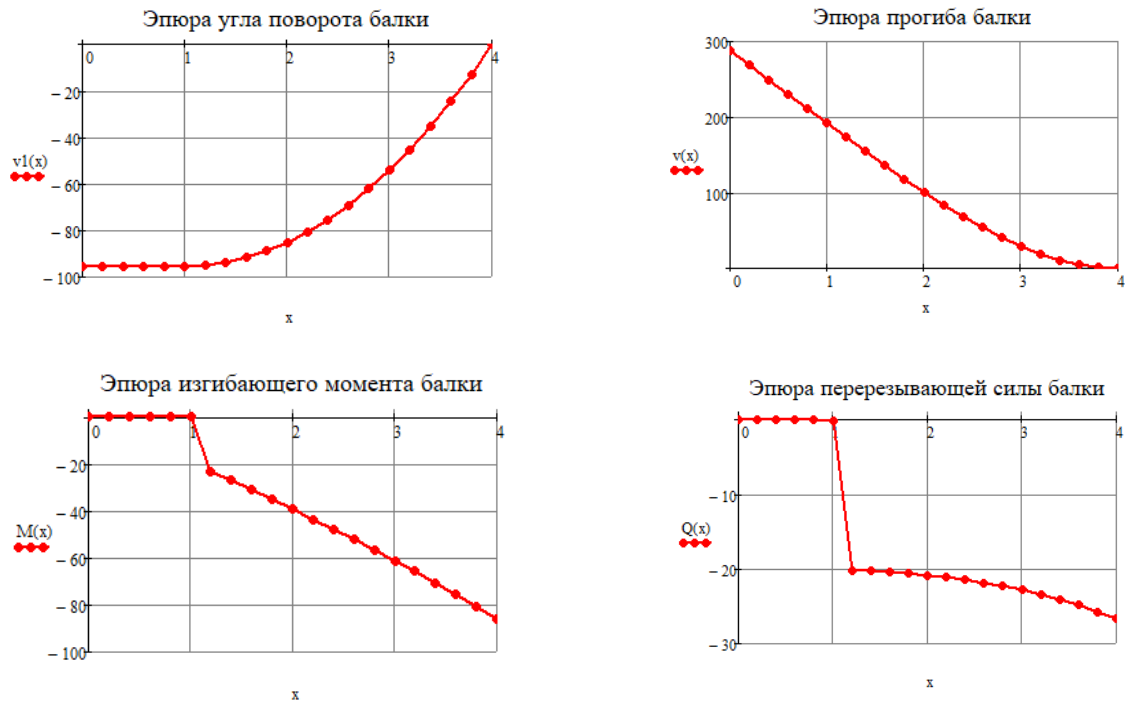


Рис. 3. Эпюры прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы балки, построенные пакетом математических расчетов Mathcad

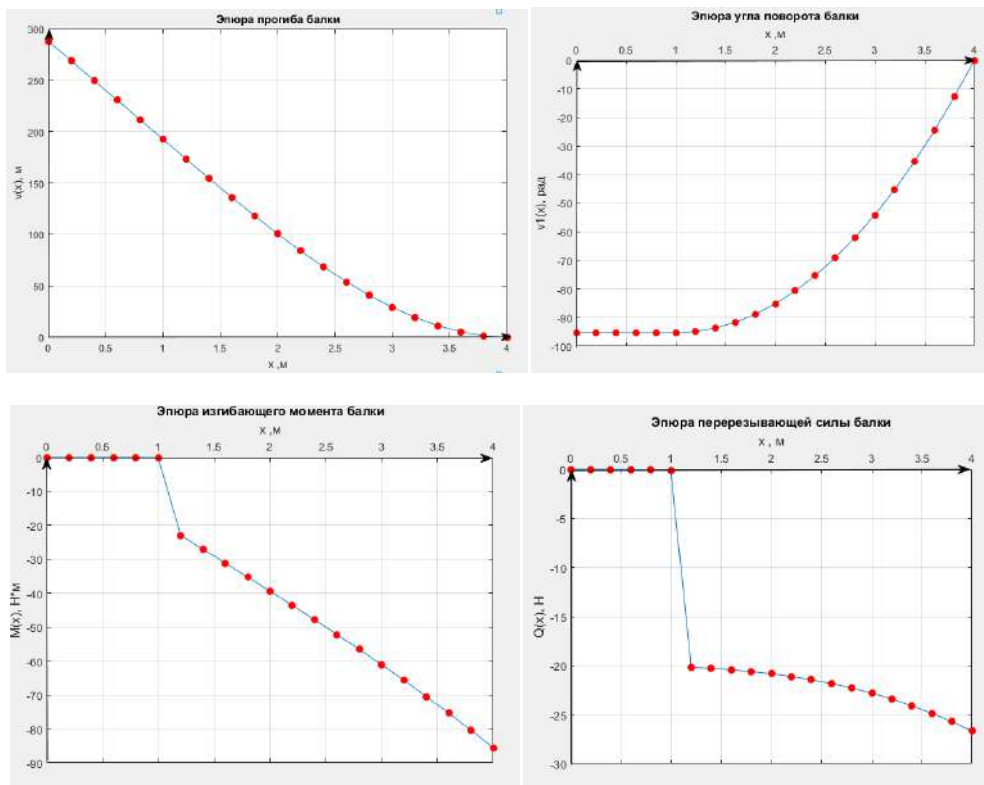


Рис. 4. Эпюры прогиба, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы балки, построенные пакетом прикладных программ MATLAB

**Заключение.** Таким образом, получены формулы для нахождения всех параметров изогнутой балки: прогиб, угла поворота, изгибающего момента и перерезывающей силы. Также определены два из четырех начальных параметров  $M_0$ ,  $Q_0$ , для вычисления остальных  $v_0$ ,  $v'_0$  выведена система линейных алгебраических уравнений (8). Разработан пакет прикладных программ, позволяющих, используя средства табличного процессора Microsoft Excel с применением языка программирования VBA, пакетом математических расчетов Mathcad, пакетом прикладных программ MATLAB, проводить расчеты по полученным формулам при различных физических и геометрических параметрах балки и строить эпюры всех изучаемых величин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев, Н.М. Сопrotивление материалов / Н.М. Беляев. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
2. Любин, А.Н. Создание пользовательских форм в Visual Basic for Applications: учеб. пособие / А.Н. Любин. – М.: МГМУ «МAMI», 2012. – 61 с.
3. Инженерные расчеты в MathCAD 15. – СПб.: Питер, 2011. – 400 с.
4. Лазарев, Ю.Ф. Начала программирования в среде MATLAB: учеб. пособие / Ю.Ф. Лазарев. – К.: НТУУ «КПИ», 2003. – 424 с.

## REFERENCES

1. Belayev N.M. *Soprotivleniye materialov* [Strength of Materials], M., Nauka, 1976, 608 p.
2. Liubin A.N. *Sozdaniye polzovatel'skikh form v Visual Basic for Applications: uchebnoye posobiye* [Building Up User Forms in Visual Basic for Applications: Textbook], M., MG MU «MAMI», 2012, 61 p.
3. *Inzhenerniye rascheti v MathCAD 15* [Engineer Calculations in MathCAD 15], SPb., Piter, 2011, 400 p.
4. Lazarev Yu.F. *Nachala programmirovaniya v srede MATLAB: uchebnoye posobiye* [Basics of Programming in MATLAB Environment: Textbook], K., NTUU «KPI», 2003, 424 p.

Поступила в редакцию 25.05.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: st.rubon@mail.ru – Никонова Т.В.



# БІАЛОГІЯ

УДК 599.735.51:519.216.3:636(476)

## Модельные математические функции в практической биологии

М.Н. Борисевич\*, П.А. Красочко\*, И.М. Прищепа\*\*

\*Учреждение образования

«Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины»

\*\*Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»

*В настоящей статье приведено решение задачи по построению регрессионных моделей общего поголовья новорожденных телят, полученных в Республике Беларусь в разные периоды времени, начиная с 1989 г. и по 1998 г. (всего за 10 лет).*

*Цель исследования – создание простых математических моделей для нужд практической биологии, описывающих реальные процессы и данные государственной статистической отчетности.*

**Материал и методы.** Информационным материалом являются экспериментальные данные и числовые массивы государственной ветеринарной отчетности Главного управления ветеринарии Минсельхозпрода Республики Беларусь и Республиканской ветеринарной лаборатории. Используются математические методы регрессионного анализа.

**Результаты и их обсуждение.** Представлены графические зависимости совместно с данными, заимствованными из материалов официальной статистической отчетности. Кривые построены в соответствии с используемыми регрессионными моделями (полиномиальной функцией первой, второй, третьей и четвертой степеней; логарифмической функцией (по основанию 10); логарифмической функцией (по основанию E) и экспоненциальной функцией).

Графики позволяют визуально оценить имеющиеся различия между данными отчетности и расчетными данными, полученными в вычислительных экспериментах с группой указанных регрессионных моделей.

Регрессионные кривые, рассмотренные в настоящей работе, с различной степенью точности описывают данные официальной статистики.

**Заключение.** Наилучших результатов можно достичь при использовании полиномиальной кривой пятой степени. С ее помощью аппроксимация исходных данных может быть осуществлена почти с нулевой погрешностью. В ряде случаев, когда не требуется такая высокая точность регрессионного приближения, можно рекомендовать использование и более простых линий регрессии – полиномиальной функции второй степени (с погрешностью 9%) и логарифмических кривых (с ошибками приблизительно на том же уровне). В качестве первого приближения допускается применение линейного уравнения регрессии (полиномиальной функции первой степени), обеспечивающего уровень ошибки в пределах 24%.

**Ключевые слова:** математическая модель, уравнение регрессии, функция, показательная функция, гиперболическая функция, степенная функция.

# Model Mathematic Functions in Practical Biology

M.N. Borisevich\*, P.A. Krasochko\*, I.M. Prishchepa\*\*

\*Educational Establishment «Vitebsk State Order of Honor Academy of Veterinary Medicine»

\*\*Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*The solution of the task of creating regression models of the common livestock of the newborn calves received in the Republic of Belarus during different periods of time between 1989 and 1998 is provided in the present article.*

*The purpose of the research is building up simple mathematic models for practical biology, which describe real processes and data of state statistic reports.*

**Material and methods.** *The information material for the article is experimental data and numerical masses of the state veterinary reporting of the Head Veterinary Department of the Ministry of Agriculture of the Republic of Belarus and of the Republican Veterinary Laboratory. Mathematic methods of regression analysis are used.*

**Findings and their discussion.** *Graphic dependences together with the data borrowed from materials of the official statistical reporting are presented. The curves are constructed according to the used regression models (polynomial function of the first, second, third and fourth degrees; a logarithmic function (on the basis of 10); a logarithmic function (on the basis E) and exponential function).*

*The schedules allow estimating visually available differences between the data of the reporting and the calculation data obtained in computing experiments with the group of the specified regression models.*

*The regression curves considered in the work with various degree of accuracy describe data of official statistics.*

**Conclusion.** *The best results can be achieved when using the fifth degree polynomial curve. With its help approximation of input data can be carried out with almost zero error. In some cases, when such high precision of the regression approximation is not required, it is possible to recommend using simpler lines of regression – polynomial function of the second degree (with a margin error 9%) as well as logarithmic curves (with mistakes approximately at the same level). As the first approximation the use of the simple equation of regression (polynomial function of the first degree) providing mistake level within 24% is allowed.*

**Key words:** *mathematical model, regression equation, function, exponential function, hyperbolic function, power function.*

**В** настоящей статье приведено решение задачи по построению регрессионных моделей общего поголовья новорожденных телят, полученных в Республике Беларусь в разные периоды времени, начиная с 1989 г. и по 1998 г. (всего за 10 лет) [1; 2].

В результате численных экспериментов установлены зависимости, которые представлены на рис. 1 и рис. 2. Здесь отложены: по оси абсцисс – годы, цифре 1 соответствует 1989 г., 2 – 1990 г., 3 – 1991 г. и т.д.; по оси ординат – поголовье телят, полученных в Республике Беларусь (тыс. голов). Точками показаны значения, заимствованные из материалов официальной статистической отчетности, кривые построены в соответствии с используемыми регрессионными моделями (перечень моделей представлен в табл.).

Графики позволяют визуально оценить имеющиеся различия между данными ветеринарной отчетности и расчетными данными, полученными в вычислительных экспериментах с группой регрессионных моделей: на рис. 1 это серия полиномиальных моделей, различающихся значением показателя степени ( $m = 1, 2, 3, 4, 5$ ), на рис. 2 – группа из трех моделей – двух логарифмических (десятичной и натуральной) и экспоненциальной.

Цель исследования – создание простых математических моделей для нужд практической биологии, описывающих реальные процессы и данные государственной статистической отчетности.

**Материал и методы.** Информационным материалом являются экспериментальные данные и числовые массивы государственной ветеринарной отчетности Главного управления ветеринарии Минсельхозпрода Республики Беларусь и Республиканской ветеринарной лаборатории. Используются математические методы регрессионного анализа.

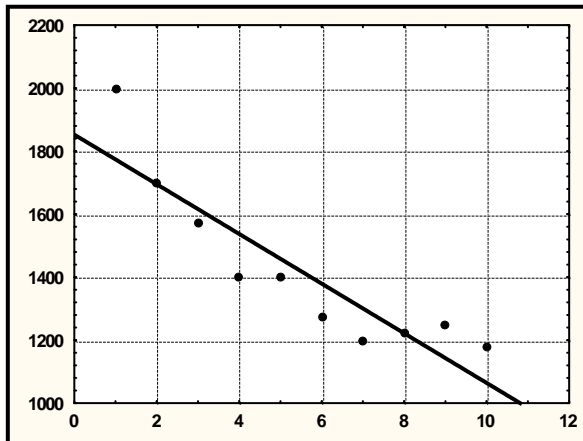
**Результаты и их обсуждение.** Выполним визуальный анализ рис. 1. Видно, что полиномиальная функция первой степени (рис. 1, а) неудовлетворительно описывает статистические данные. Отчетливо выражен разброс фактических точек в позициях модельной кривой, почти все они находятся за ее пределами. Есть, таким образом, основания предполагать, что значения коэффициента детерминации  $D$ , описывающего величину разброса, будут невысокими. Анализируя соответствующие данные табл., приходим к заключению: выражения

$\sum_{i=1}^n (y_i^+ - \bar{y})^2$  и  $\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ , задающие  $D$ , действительно различаются между собой незначительно, как

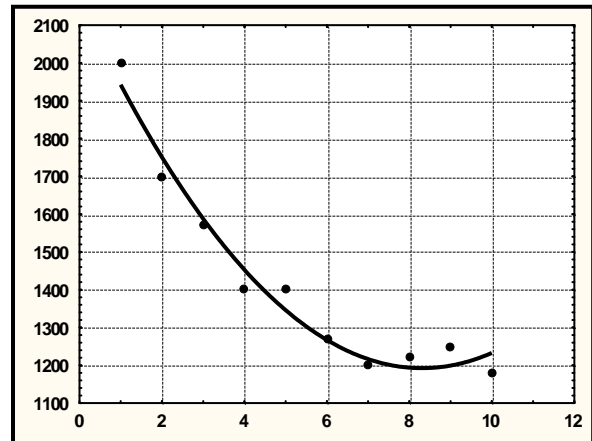
следствие этого,  $D < 1$  и равно 0,807. Это значит, что полиномиальная функция первой степени описывает дан-

ные официальной ветеринарной статистики с точностью  $\eta = 76\%$ , погрешность представления  $(1 - \eta) = 24\%$ . Если ветеринарного специалиста такая точность устраивает, то он может воспользоваться предложенной моделью для аналитического описания поголовья новорожденных телят. В противном случае ему следует обратиться к другим регрессионным моделям, представленным в табл.

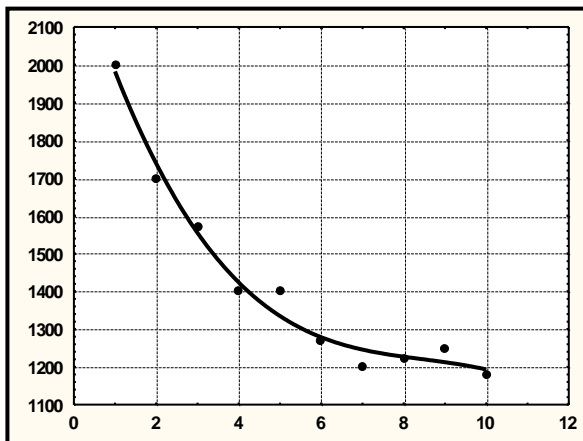
Из табл. видно также, что математическая модель регрессии для обсуждаемого случая имеет самый простой вид. Она является линейной моделью и определяется только двумя коэффициентами:  $\theta_0 = 1852,67$  и  $\theta_1 = 78,85$ .



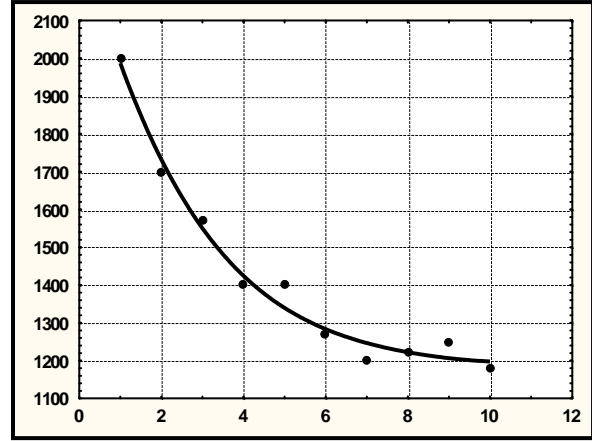
а)



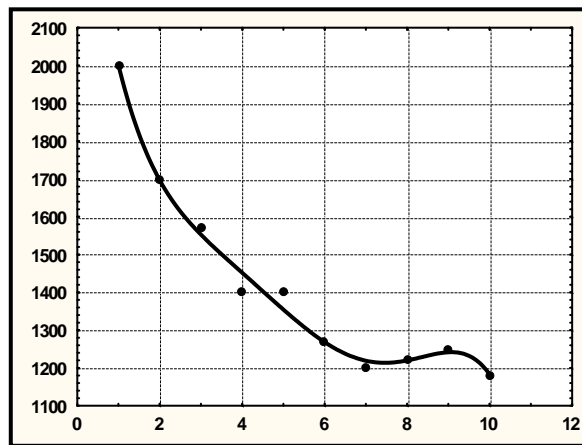
б)



в)



г)



д)

Рис. 1. Полиномиальные функции различных степеней: первой (а), второй (б), третьей (в), четвертой (г), пятой (д)

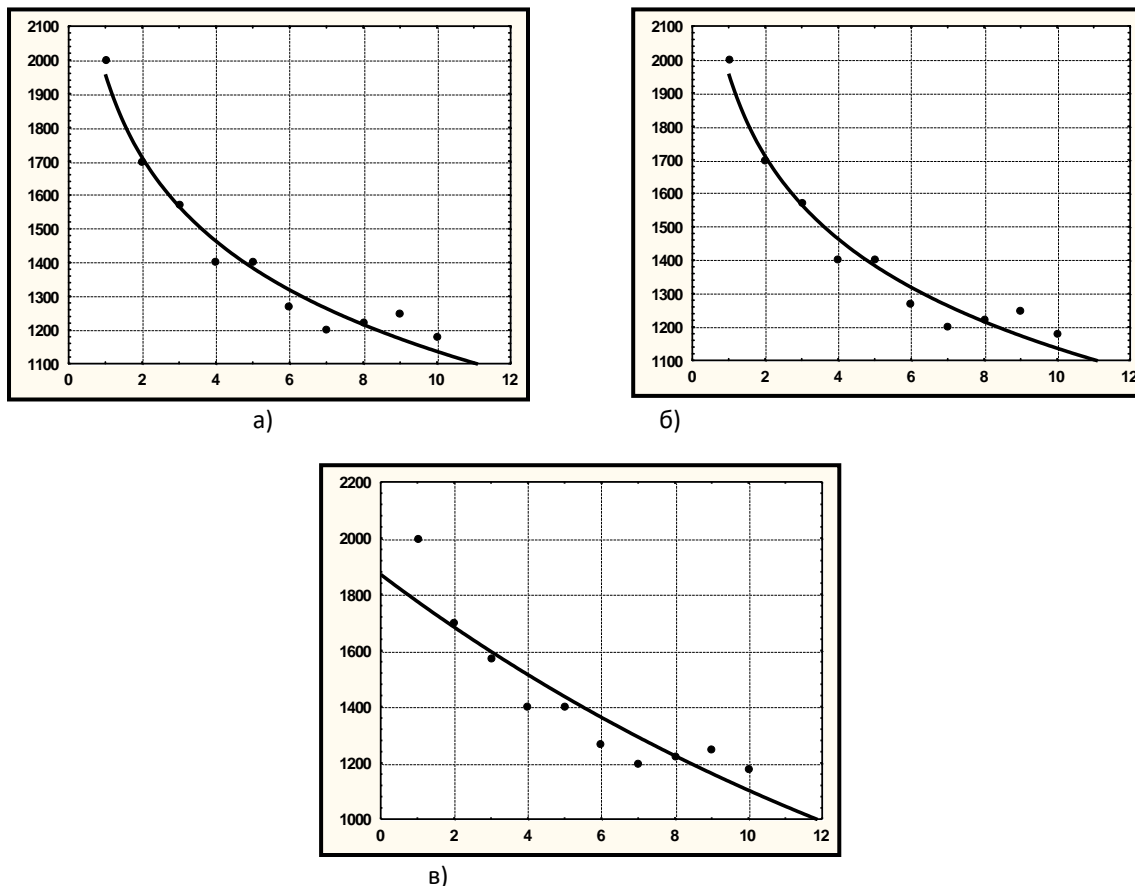


Рис. 2. Логарифмические функции: по десятичному основанию (а), по натуральному основанию (б); экспоненциальная функция (в)

Чтобы воспользоваться моделью на практике, достаточно вместо переменной  $x$  подставить в формулу порядковый номер года. После несложных вычислений можно прийти к нужному поголовью.

Визуальный анализ рис. 1, б показывает, что полиномиальная функция второй степени описывает статистические данные лучше, чем линейная модель. Можно, например, отметить меньший разброс точек в области модельной кривой и их близкое взаимное расположение. По этой причине значение  $D$  здесь выше, чем в случае предыдущем (для линейной модели  $D = 0,807$ , для квадратичной –  $0,971$ ). Аналитическое соотношение сложнее, модель относится к классу нелинейных регрессионных моделей и описывается тремя параметрами (в предыдущем случае их было два):  $\theta_0 = 2161,83$ ,  $\theta_1 = -233,43$  и  $\theta_2 = 14,05$ .

Точность, с которой квадратичная модель воспроизводит исходные данные, составляет  $\eta = 91\%$ , что почти в 1,2 раза больше, чем для предыдущего случая. На практике модель можно использовать лишь с одной оговоркой – получаемые с ее помощью данные отличаются от исходных в пределах 9%. Полиномиальная функция третьей степени (рис. 1в) также неплохо приближает статистические данные. Для нее коэффициент детерминации  $D = 0,967$  (табл.), что лишь немногим меньше предыдущего случая. Зато математическое соотношение сложнее – требуется уже четыре параметра для описания исходной статистической зависимости:  $\theta_0 = 2297,33$ ,  $\theta_1 = -353,61$ ,  $\theta_2 = 40,11$  и  $\theta_3 = -1,57$ . Точность приближения фактических данных и погрешности – на уровне предыдущей модели.

Полиномиальная функция четвертой степени (рис. 1г) лучшим образом определяет статистические точки по сравнению с предыдущей моделью. Для нее коэффициент детерминации близок к единице ( $D = 0,996$ ), отличаюсь лишь сотыми долями  $0,004$ . Это составляет  $0,4\%$  регрессионных погрешностей. Хотя для корректного построения модели требуется пять параметров ( $\theta_0 = 2335,83$ ,  $\theta_1 = -402,97$ ,  $\theta_2 = 58,17$ ,  $\theta_3 = -4,04$  и  $\theta_4 = 0,11$ ), ее можно рекомендовать к практическому применению. При этом достигается почти  $94\%$  – точность совпадения с фактическими данными, уровень погрешностей – не выше  $6\%$ .

Таблица

Вид регрессии, ее математическая модель, значения вспомогательных выражений и ошибка регрессии D

№ п/п	Вид регрессии	Математическая модель регрессии	$\sum_{i=1}^n (y_i + \bar{y})^2$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	D	$\eta$
1.	Полиномиальная функция первой степени	$y = 1852,67 - 78,85 * x$	512929,1	635490	0,807	0,76
2.	Полиномиальная функция второй степени	$y = 2161,83 - 233,43 * x + 14,05 * x^2$	617548,1	635490	0,971	0,91
3.	Полиномиальная функция третьей степени	$y = 2297,33 - 353,61 * x + 40,11 * x^2 - 1,57 * x^3$	614593,1	635490	0,967	0,91
4.	Полиномиальная функция четвертой степени	$y = 2335,83 - 402,97 * x + 58,17 * x^2 - 4,04 * x^3 + 0,11 * x^4$	632963,7	635490	0,996	0,94
5.	Полиномиальная функция пятой степени	$y = 2693,33 - 992,30 * x + 367,54 * x^2 - 73,21 * x^3 + 6,98 * x^4 - 0,25 * x^5$	676348,5	635490	1,064	1,00
6.	Логарифмическая функция (по основанию 10)	$y = 1957,73 - 821,27 * \log(x)$	615204,2	635490	0,968	0,91
7.	Логарифмическая функция (по основанию e)	$y = 1957,73 - 356,67 * \ln(x)$	615193,7	635490	0,968	0,91
8.	Экспоненциальная функция	$y = 1870,87 * \exp(-0,0529 * x)$	460012,7	635490	0,723	0,68

Наилучшее приближение к исходным данным достигается с помощью полиномиальной функции пятой степени (рис. 1д). Для ее построения требуется уже шесть параметров ( $\theta_0 = 2693,33$ ,  $\theta_1 = -992,30$ ,  $\theta_2 = 367,54$ ,  $\theta_3 = -73,21$ ,  $\theta_4 = 6,98$  и  $\theta_5 = -0,25$ ). За счет этого обеспечивается почти 100% точность воспроизведения фактических данных.

Резюмируя анализ рис. 1, отметим, что в целом полиномиальная функция аппроксимирует исходные данные с удовлетворительной степенью точности. Исключение составляет линейная модель – ее представление не отличается высоким значением точности (около 76%), на заметной отметке остается и уровень погрешностей – 24%. Вместе с тем для практических вычислений можно использовать любую модель полиномиальной функции. При этом важно помнить, с какой ошибкой она описывает исходные данные. Для почти безошибочных расчетов предпочтительнее использовать функцию пятой степени.

Перейдем теперь к визуальному анализу зависимостей рис. 2. Напомним, что здесь рассматриваются три регрессионные модели: рис. 2а – логарифмическая десятичная (по основанию 10), рис. 2б – логарифмическая натуральная (по основанию  $e$ ) и рис. 2в – экспоненциальная.

Логарифмические функции (рис. 2а, б) неплохо аппроксимируют статистические данные (значения  $D$  для обеих функций одинаковы и равны 0,968). Вид функций несложен, для построения моделей требуются всего два параметра –  $\theta_0$  и  $\theta_1$ . Ошибка, с которой функции описывают поголовье телят, не выше 9%.

Экспоненциальная функция (рис. 2, в) не приводит к желаемому результату. Она крайне плохо приближает расчетные данные к данным официальной статистики (для нее характерен самый низкий коэффициент детерминации среди всех обсуждаемых моделей, равный 0,723), а следовательно, уровень ошибок аппроксимации здесь достаточно высок, чтобы не применять эту модель в практических целях (32%).

**Заключение.** Таким образом, регрессионные кривые, рассмотренные в настоящей работе, с различной степенью точности описывают данные официальной ветеринарной статистики. Наилучших результатов можно достичь при использовании полиномиальной кривой пятой степени:

$$y = 2693,33 - 992,30 * x + 367,54 * x^2 - 73,21 * x^3 + 6,98 * x^4 - 0,25 * x^5, \quad (1)$$

где  $x$  – порядковый номер года, начиная с 1989 г.

С ее помощью аппроксимация исходных данных может быть осуществлена почти с нулевой погрешностью. В ряде случаев, когда не требуется такая высокая точность регрессионного приближения, можно рекомендовать использование и более простых линий регрессии – полиномиальной функции второй степени (с погрешностью 9%) и логарифмических кривых (с ошибками приблизительно на том же уровне). В качестве первого приближения допускается применение линейного уравнения регрессии (полиномиальной функции первой степени), обеспечивающего уровень ошибки в пределах 24%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ломако, Ю.В. Эпизоотический мониторинг колибактериоза новорожденных телят в Республике Беларусь / Ю.В. Ломако, Н.Н. Андросик. – Ветеринарная медицина Беларуси. – 2002. – № 2. – С. 15–17.
2. Русинович, А.А. Математическая модель-прогноз эпизоотического процесса инфекции ВЛКРС в спонтанных условиях / А.А. Русинович // Весті Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. – 2001. – № 3. – С. 60–63.

## REFERENCES

1. Lomako Yu.V., Androsik N.N. *Veterinarnaya meditsina Belarusi* [Veterinary Medicine of Belarus], 2002, 2, pp. 15–17.
2. Rusinovich A.A. *Vesti natsiyanalnai akademii navuk Respubliki Belarus* [Journal of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus], 2001, 3, pp. 60–63.

Поступила в редакцию 04.04.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: bomini@mail.ru – Борисевич М.Н.

УДК 582.475:573.7:57.017.3

## Динамическое равновесие в природе на примере консортивных связей *Picea abies* (L.) Karst.

П.Ю. Колмаков, Е.В. Антонова

Учреждение образования «Витебский государственный университет  
имени П.М. Машерова»

*Актуализирована и применена идея о динамическом равновесии и его разновидностях в природе.*

*Цель исследования – показать, что микоризу следует рассматривать как пример консортивных связей, находящихся в функциональном динамическом равновесии.*

**Материал и методы.** *Материал – микоризные корневые окончания Ели обыкновенной *Picea abies* (L.) Karst. (семейство Pinaceae Lindl.). Используются описательно-сравнительные методы исследования: аналитический эксперимент в научно-исследовательской лаборатории.*

**Результаты и их обсуждение.** *На фотографиях четко прослеживается, как эндотрофная стадия развития микоризы сменяется эктотрофной и, в конце концов, становится эктэндотрофной. Постепенное внедрение грибного компонента в корневые окончания растительного организма ведет к функциональной трансформации образовавшегося подвижного комплекса «дерево–гриб» с постоянным стремлением к достижению динамического равновесия. Проникновение гифов гриба вызывает мобилизацию функциональных возможностей растения. У растения изменяются пропорциональные соотношения частей корня, а у гриба – распределения гифов в клетках, между клетками и на поверхности корневого окончания, что выражается в разном количестве слоев и плотности микоризы. Этапы онтогенетического изменения микоризы достоверно могут быть рассмотрены с позиции консортивных связей в природе.*

**Заключение.** *Рассмотрены этапы онтогенетического изменения микоризы. Четко прослеживается, как эндотрофная стадия развития микоризы сменяется эктотрофной и, в конце концов, становится эктэндотрофной.*

*В процессе коэволюции растений и грибов в результате преобразования облигатного и факультативного паразитизма в симбиотические связи возникло «функциональное динамическое равновесие». Консортивные связи *Picea abies* (L.) Karst. иллюстрируют существующее динамическое равновесие в природе.*

**Ключевые слова:** *динамическое равновесие; экологическое, топическое, функциональное; консортивные связи; этапы онтогенетического изменения микоризы.*

## Dynamic Balance in Nature on the Example of Consort Links of *Picea abies* (L.) Karst.

P.Yu. Kolmakov, E.V. Antonova

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*The idea of the dynamic balance and its types in nature is shaped and proved for the first time.*

*The purpose of the research is to demonstrate that mycoris should be considered as an example of consort links which are in functional dynamic balance.*

**Material and methods.** *The research object is mycoris root endings of fir tree *Picea abies* (L.) Karst. (the family of Pinaceae Lindl.). The research methods are analytical experiments in the research laboratory.*

**Findings and their discussion.** *Photographs clearly show how the endotrophe stage of mycoris development is substituted by the ectotrophe one and finally becomes ectendotrophe. Gradual penetration of the mycoris component into the root endings of the plant organism results in the functional transformation of the formed flexible complex of tree-mycoris with constant striving to dynamic balance. Penetration of fungus hyphae causes mobilization of the functional abilities of the plant. The proportion of the root parts of the plant are modified while the fungus hyphae in cells, between cells and on the surface of the root ending distribution is modified which is expressed in different number of layers and the density of the mycoris. The stages of the ontogenetic modification of the mycoris can be reliably considered from the point of view of consort links in nature.*

**Conclusion.** *We considered the stages of ontogenetic transformation of mycoris. It is clearly observed that the endotrophe stage of mycoris development is substituted by the ectotrophe one and finally becomes the ectendotrophe.*

*In the process of co-evolution of plants and fungi as a result of the transformation of the obligatory and the optional parasitism in symbiotic links «the functional dynamic balance» emerged. Consort links of Picea abies (L.) Karst. Illustrate the existing dynamic balance in nature.*

**Key words:** *dynamic balance: ecological, topic, functional; consort links; stages of ontogenetic transformation of mycoris.*

**В** общей системе природы каждый организм находится в самых разнообразных взаимоотношениях со множеством других живых существ. Важнейшая особенность жизни – обмен веществ, его динамика. В естественных биогеоценозах отдельные организмы находятся в подвижном равновесии. В сообществах живых организмов нет застоя. Новые организмы возникают, старые отмирают и исчезают, но сообщество организмов остается [1].

Одной из элементарных функциональных единиц структуры биоценоза являются консорции. Различают следующие группы консорций [2]:

- индивидуальная консорция (в определении В.Н. Беклемишева) как конкретная единица, совокупность организмов, связанных с одним индивидуумом какого-либо вида высшего растения;
- популяционная консорция (в изложении Е.М. Лавренко) как совокупность организмов, связанных в каком-либо биоценозе с определенной популяцией высшего растения;
- видовая популяция, совокупность организмов, связанных с каким-либо видом высшего растения.

Все перечисленные типы консорции – классификация скорее экологическая, отражающая аспекты взаимодействий живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой на различных уровнях организации живого. Но важнейшими формами консортивных связей, исходя из определения сущности консорции, являются трофические и эпифитные, которые следует использовать как критерий выделения консорций [2]. Некоторые исследователи считают, что для этого целесообразнее рассматривать только топические связи [3]. По характеру появления консортивных трофических связей можно выделить ряд типов, основные из них: паразитический, симбиотический, сапрофитный [2].

Среди растительных консортов наиболее важными в потреблении и трансформации органического вещества и его продуктов являются бактерии и грибы, особенно в области ризосферы [2]. Среди консортов различают группу биотрофов, куда относятся и микоризообразователи, потребляющие органическое вещество и использующие энергию живых растений. В данном случае связь растения-эдификатора и консорта прямая [2]. Консортивные взаимодействия Mycetalia-Plantae можно охарактеризовать через «экологическое динамическое равновесие» грибов с растениями. Исследуя крупные природные зоны, следует отметить неравномерное распространение различных видов микориз на Земле, которое может быть охарактеризовано через «топическое динамическое равновесие» грибов с растениями.

Некоторые ученые рассматривают грибной компонент как инфекцию [3], другие – как взаимовыгодный симбиоз гриба с высшим растением [4]. В настоящей работе мы воспринимаем симбиоз как «функциональное динамическое равновесие», которое во многом зависит как от внешних факторов окружающей среды, так и от физиологических процессов, происходящих внутри грибного и растительного компонентов. Нужно учесть, что внутри этого «функционального динамического равновесия» нет ни главного, ни второстепенного компонента, а есть только функциональные «партнеры», находящиеся в «динамических взаимоотношениях». «Функциональное динамическое равновесие» подразумевает не экологический, не трофический и не топический смысл консортивных связей в природе, а отражает физиологический смысл, который лежит в основе коэволюции грибов и растений. Все нарушения «функциональных динамических отношений» грибного и растительного компонентов происходят в консорции на экологическом, трофическом, топическом балансах.

Филогенетические и экологические последствия коэволюции грибов с растениями прослеживаются как в исторической ретроспективе, так и при анализе синфизиологических связей этих организмов в современных экосистемах [5].

Микотрофность – изменчивое свойство растений, зависящее от биологических особенностей симбионтов и эколого-ценотических условий. Для понимания особенностей строения и функционирования микориз важное значение имеет не только внутриклеточное расположение грибного симбионта, но и его положение по отношению к тканям эпидемии, коры, центрального цилиндра [3].

До сих пор обсуждается вопрос о возникновении симбиоза грибов и растений. В настоящее время из многочисленных взглядов на эту проблему сложилось два направления: одни рассматривают взаимоотношения симбионтов как мутуалистический паразитизм, в основе которого лежит предположение о нападении гриба как паразита на растение и выработка со стороны последнего защитных реакций, контролирующих развитие гриба; другие считают, что отношения организмов представляют собой случай мутуалистического симбиоза, в котором сапротрофный гриб в силу своей неспособности конкурировать с почвенными микроорганизмами за питательные вещества (особенно углеводы) вынужден вступать в сожительство с растениями, от которых он и получает часть необходимых для жизнедеятельности элементов питания. Обе точки зрения на происхождение ми-

коризы объединяет признание положительной роли грибов в процессах снабжения симбионта питательными веществами и водой. Микоризообразующие грибы выступают в роли естественной кладовой источника энергии для автотрофа-симбионта. Микотрофное состояние деревьев в природных условиях расценивается нормальным и необходимым явлением, определяющим существование симбионтов. При этом оба организма находятся во взаимоотношении экологически облигатного симбиоза [6].

Впервые оформлена и доказана идея о динамическом равновесии и его разновидностях в природе.

Цель исследования – показать, что микоризу следует рассматривать как пример консортивных связей, находящихся в функциональном динамическом равновесии.

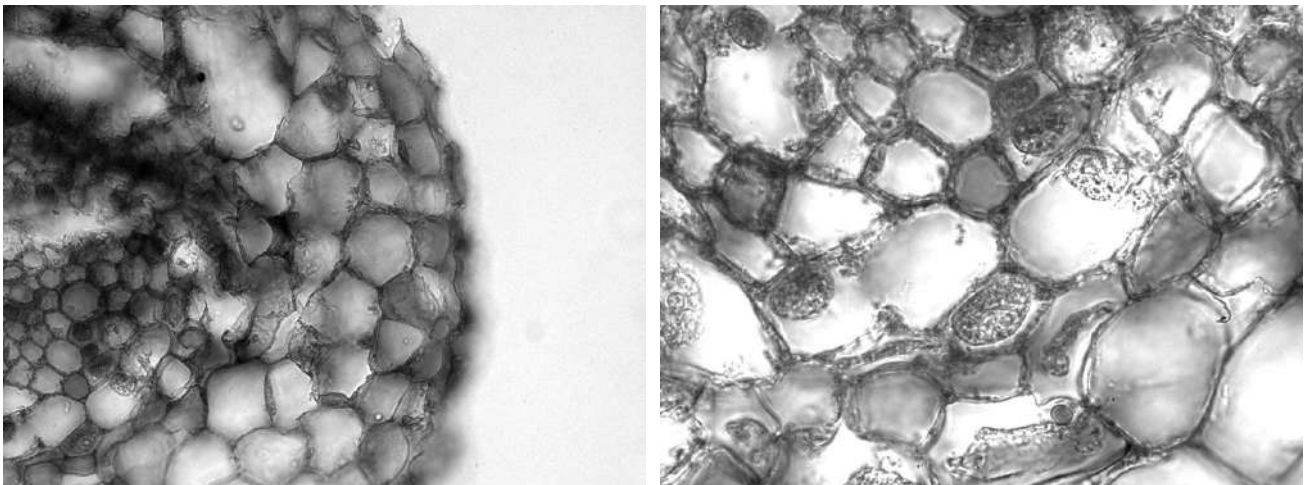
**Материал и методы.** Материал исследования – микоризные корневые окончания Ели обыкновенной *Picea abies* (L.) Karst. (семейство *Pinaceae* Lindl.). На территории Беларуси *Picea abies* является зональной лесной культурой, важной лесообразующей породой бореальной зоны.

Методика исследований рассмотрена нами в работе по проникновению грибного компонента в корневые окончания *Picea abies* (L.) Karst. [7].

**Результаты и их обсуждение.** Консортивные взаимоотношения разнообразны и встречаются в природе очень часто. Сожительство корней высших растений с грибами – одна из наиболее распространенных форм таких связей в биогеоценозах. Знания биологической роли микориз в жизни растений до сих пор остаются неполными [3].

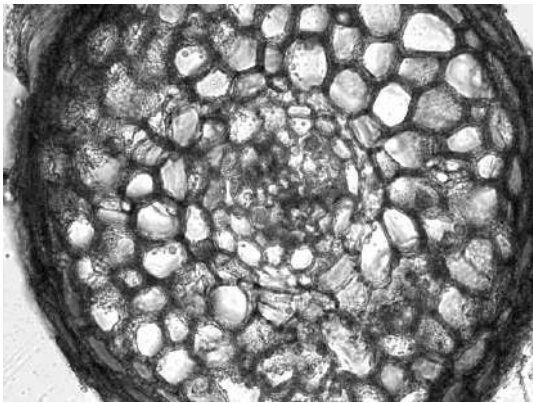
Типичная эктотрофная микориза встречается преимущественно в зрелом возрасте у сильных, хорошо развитых деревьев, а эктэндотрофная – либо у старых и ослабленных особей, либо у молодых, но растущих в неблагоприятных условиях. Формирование эктотрофных микориз у деревьев начинается обычно с эндотрофной стадии. Микоризные грибы, появляясь внутри клеток корня, мобилизуют защитные силы высшего растения, вследствие чего внутриклеточный мицелий выталкивается на интерцеллюлярные позиции. Вот почему у деревьев в спелых микоризах внутри клеток мезодермы гриба обычно мало. При старении микориз в эндодерме корня происходит увеличение содержания суберина и таннина, уменьшается проницаемость клеточных оболочек, передвижение метаболитов затрудняется. Растение уже не может воздействовать на грибную ассоциацию в старых микоризах теми же способами, что и в молодых. Гриб оказывается в состоянии проникать через клеточную оболочку, создавая картину эктэндотрофных микориз. Таким образом, старые или же вполне зрелые микоризы оказываются эктэндотрофными, а хорошо развитые микоризы с более или менее уравновешенными взаимоотношениями между симбионтами – эктотрофными. Следовательно, эктэндотрофная микориза – это не тип, а лишь одна из стадий развития эктотрофных микориз, встречающихся у большинства древесных пород [3].

Нами выделены этапы онтогенетического изменения микоризы (рис. 1–6). На фотографиях четко прослеживается, как эндотрофная стадия развития микоризы сменяется эктотрофной и, в конце концов, становится эктэндотрофной.



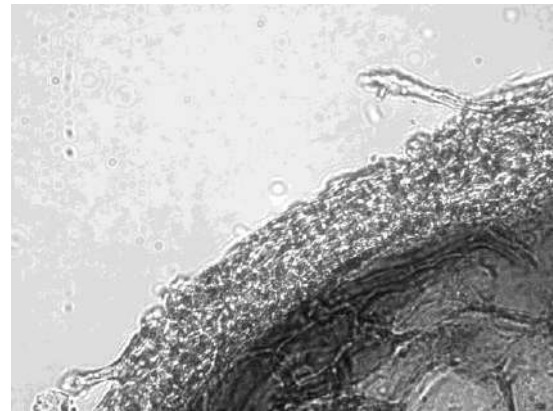
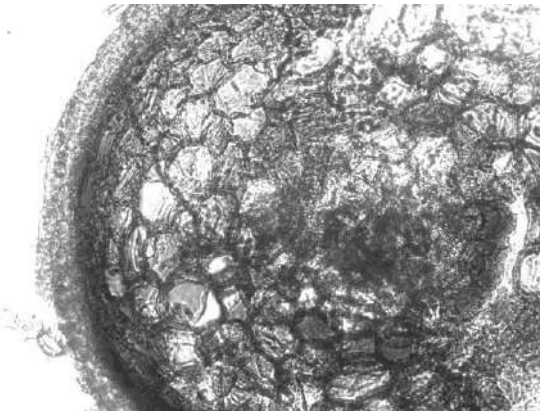
Поверхность корня без грибного компонента. Единичная суберинизация клеток. Гриб в отдельных клетках центрального цилиндра и коры.

Рис. 1. Первый этап онтогенетического изменения микоризы



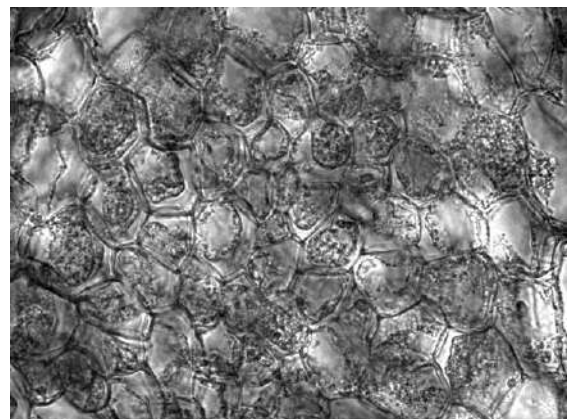
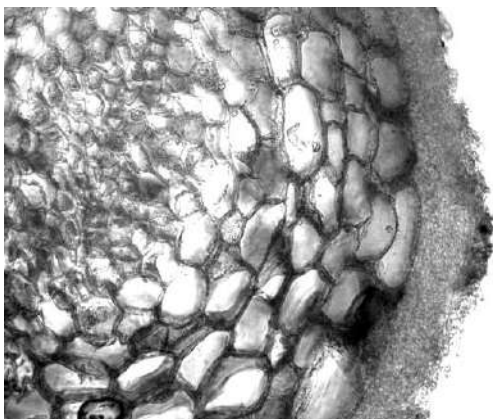
На поверхности корня встречаются единичные гифы. Грибной компонент повсеместно в клетках поперечного сечения корня

**Рис. 2. Второй этап онтогенетического изменения микоризы**



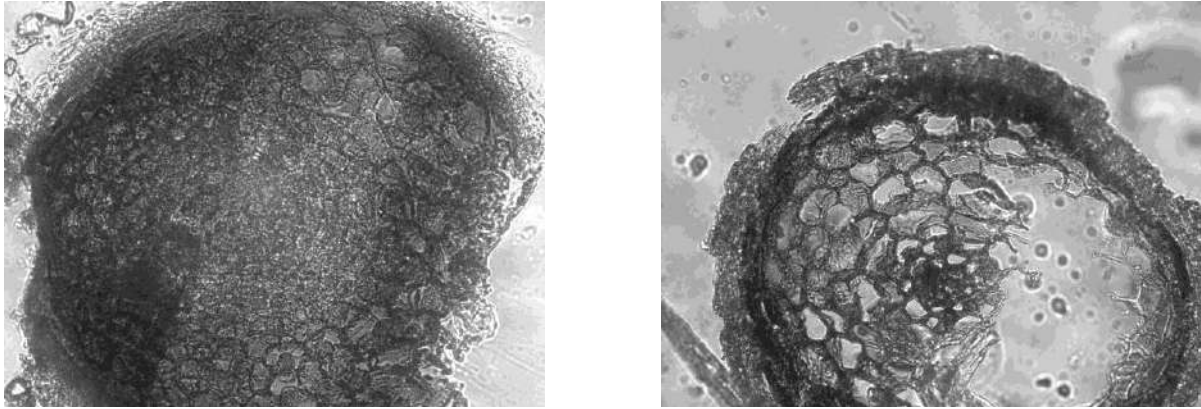
Одиночный грибной чехол. Массовая суберинизация клеток.

**Рис. 3. Третий этап онтогенетического изменения микоризы**



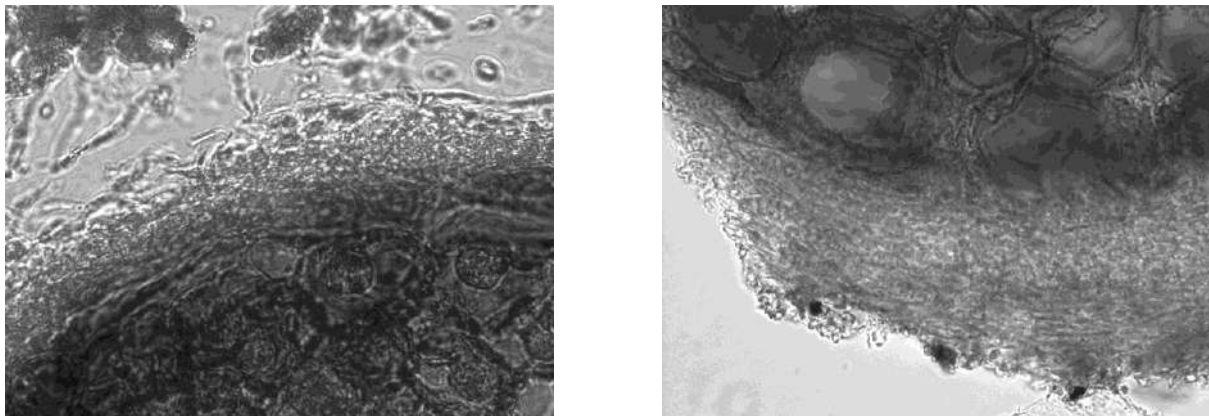
Сформированный одиночный грибной чехол. Тотальная суберинизация клеток. Стела переполнена грибным компонентом.

**Рис. 4. Четвертый этап онтогенетического изменения микоризы**



Глобальная суберинизация клеток. Стела маленького размера.

Рис. 5. Пятый этап онтогенетического изменения микоризы



Двойной грибной чехол. Наличие грибного компонента в суберинизированных клетках коры.

Рис. 6. Шестой этап онтогенетического изменения микоризы

Активная грибная атака приводит к изменению гармоничности в анатомической структуре и слаженности функционирования слоев корневого окончания. Как только гриб использует протопласты живых клеток центрального осевого цилиндра, объем стелы уменьшается (рис. 5). Суберинизация охватывает практически весь поперечник корня. Грибной компонент, возможно, проникает вторично в клетки корня (рис. 6). Тем самым восстанавливается нарушенное уравновешенное состояние и достигается функциональное динамическое равновесие. Грибной компонент можно рассматривать как стимулятор онтогенетического и филогенетического развития и совершенствования проводящей системы растения.

Постепенное внедрение грибного компонента в корневые окончания растительного организма ведет к функциональной трансформации образовавшегося подвижного комплекса «дерево–гриб» с постоянным стремлением к достижению динамического равновесия. Проникновение гифов гриба вызывает мобилизацию функциональных возможностей растения. У растения изменяются пропорциональные соотношения частей корня, а у гриба – распределения гифов в клетках, между клетками и на поверхности корневого окончания, что выражается в разном количестве слоев и плотности микоризы.

**Заключение.** Таким образом, в исследовании рассмотрены этапы онтогенетического изменения микоризы. Четко прослеживается, как эндотрофная стадия развития микоризы сменяется эктотрофной, и в конце концов, становится эктэндотрофной.

В процессе коэволюции растений и грибов в результате преобразования облигатного и факультативного паразитизма в симбиотические связи возникло «функциональное динамическое равновесие». Консортивные связи *Picea abies* (L.) Karst. иллюстрируют существующее динамическое равновесие в природе.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Петерман, И. Интересна ли ботаника? / И. Петерман, В. Чирнер. – М.: Мир, 1979. – 198 с.
2. Корчагин, А.А. Стрoение растительных сообществ / А.А. Корчагин // Полевая геоботаника. – 1976. – Т. V. – 320 с.
3. Селиванов, И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза / И.А. Селиванов. – М.: Наука, 1981. – 232 с.
4. Смит, С.Э. Микоризный симбиоз / С.Э. Смит, Д.Дж. Рид. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 776 с.
5. Каратыгин, И.В. Кoeволюция грибов и растений / И.В. Каратыгин. – СПб.: Гидрометеoиздат, 1993. – 118 с.
6. Бурова, Л.Г. Загадочный мир грибов / Л.Г. Бурова. – М.: Наука, 1991. – 97 с.
7. Колмаков, П.Ю. Проникновение грибного компонента в корневые окончания *Picea abies* (L.) Karst. / П.Ю. Колмаков, Е.В. Антонова // Весн. Вісб. дзярж. ун-та. – 2017. – № 4(97). – С. 40–47.

## R E F E R E N C E S

1. Peterman I., Chirner V. *Interesna li botanika?* [Is Botany Interesting?], M., Mir, 1979, 198 p.
2. Korchagin A.A. *Polevaya geobotanika* [Field Geobotany], Leningrad, Nauka, V, 1976, 320 p.
3. Selivanov I.A. *Mikosimbiotrofizm kak forma konsortivnykh svyazei v rastitelnom pokrove Sovetskogo Soyuz*a [Mycosymbiotrophism as a Form of Consort Links in the Vegetation of the Soviet Union], M., Nauka, 1981, 232 p.
4. Smith S.E., Read D.J. *Mikorizny simbioz* [Mycoriz Symbiosis], M., Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012, 776 p.
5. Karatygin I.V. *Koevolutsiya gribov i rastenii* [Co-evolution of Fungi and Plants], St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 1993, 118 p.
6. Burova L.G. *Zagadochni mir gribov* [Secret World of Fungi], M., Nauka, 1991, 97 p.
7. Kolmakov N.Yu., Antonova E.V. *Vesnik VDU* [Journal of VSU], 2017, 4 (97), pp. 40–47.

Поступила в редакцию 18.05.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: pavel\_kolmakov@list.ru – Колмаков П.Ю.

## Ревизия лишайников рода *Xanthoparmelia* Беларуси: *X. loxodes* и *X. verruculifera*

А.Г. Цуриков\*, В.В. Голубков\*\*, П.Н. Белый\*\*\*

\*УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»

\*\*ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси»

\*\*\*ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

До настоящего времени в Беларуси было известно 4 вида лишайников группы «*Xanthoparmelia pulla*»: *Xanthoparmelia loxodes*, *X. pulla*, *X. pokornyi* и *X. verruculifera*. Определение упомянутых видов базировалось на морфологических характеристиках образцов, в то время как современные представления о таксономии обозначенного рода основаны на разнице химического состава вторичных метаболитов лишайников. В связи с этим данные о разнообразии, распространении и экологии лишайников рода *Xanthoparmelia* на территории республики являются неполными и требуют ревизии.

Цель статьи – провести ревизию всех доступных образцов лишайников группы «*Xanthoparmelia pulla*», установить их таксономическую принадлежность, изучить распространение и экологию установленных видов в пределах Беларуси.

**Материал и методы.** Материалом для данного исследования послужили образцы лишайников рода *Xanthoparmelia*, хранящиеся в гербариях Белорусского государственного университета (MSKU), Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины (GSU), Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK-L), Центрального ботанического сада НАН Беларуси (MSKH) и Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE). Всего было изучено 206 гербарных образцов сборов 1905–2017 гг. Морфологию образцов исследовали с помощью стереомикроскопа Nikon SMZ-745, состав вторичных метаболитов – методом тонкослойной хроматографии в системе растворителей С.

**Результаты и их обсуждение.** Через ревизию лишайников рода *Xanthoparmelia* группы «*Xanthoparmelia pulla*» установлено, что в Беларуси произрастают 4 вида лишайников этой группы – *Xanthoparmelia delisei* (36 образцов, или 28,3%), *X. loxodes* (28, или 22,0%), *X. pulla* (15, или 11,8%) и *X. verruculifera* (48, или 37,9%). *Xanthoparmelia pokornyi* ошибочно приводился для территории республики.

**Заключение.** В Беларуси *Xanthoparmelia loxodes* и *X. verruculifera* являются обычными видами лишайников, произрастающих на северо-западе республики. Установленные особенности распространения *X. loxodes* позволяют считать, что этот вид должен быть исключен из списка лишайников Республики Беларусь, нуждающихся в профилактической охране.

**Ключевые слова:** лишайник, биоразнообразие, хемотаксономия, хроматография, вторичные метаболиты.

## Revision of Lichen of *Xanthoparmelia* Genus in Belarus: *X. loxodes* and *X. verruculifera*

A.H. Tsurykau\*, V.V. Golubkov\*\*, P.M. Bely\*\*\*

\*EE «F. Skorina Gomel State University»

\*\*SSE «V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus»

\*\*\*SSE «Central Botanical Gardens of the National Academy of Sciences of Belarus»

So far, only 4 lichen species of «*Xanthoparmelia pulla*» group were known in Belarus, namely *Xanthoparmelia loxodes*, *X. pulla*, *X. pokornyi* and *X. verruculifera*. Their identification was based on specimen morphology while modern taxonomical concepts of the genus rely on difference in chemical composition of lichen secondary metabolites. Therefore diversity, distribution and ecology of the species of *Xanthoparmelia* in Belarus are not complete and require an urgent revision.

The aim of the research was to revise all available specimens of lichen group «*Xanthoparmelia pulla*», to state their taxonomy, distribution and ecology in Belarus.

**Material and methods.** The research is based on lichen samples of *Xanthoparmelia* genus housed in Belarusian State University, Gomel State University, Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Central Botanical Gardens of the National Academy of Sciences of Belarus and Institute of Botany of the Russian Academy of Sciences herbaria. In total, 206 herbarium samples collected in 1905–2017 were investigated. Morphology was studied under stereomicroscope Nikon SMZ-745. Secondary metabolites were studied by means of thin layer chromatography in solvent system C.

**Findings and their discussion.** As a result, 4 species of «*Xanthoparmelia pulla*» group were found in Belarus, namely *Xanthoparmelia delisei* (36 samples, or 28,3%), *X. loxodes* (28, or 22,0%), *X. pulla* (15, or 11,8%), and *X. verruculifera* (48, or 37,9%). *Xanthoparmelia pokornyi* was erroneously reported from Belarus.

**Conclusion.** *Xanthoparmelia loxodes* and *X. verruculifera* are common lichen species in Belarus mainly confined to the north-western part of the country. The distribution of *X. loxodes* allows us to assume that this species should be excluded from the Belarusian list of lichens in need of preventive protection.

**Key words:** lichen, biodiversity, chemotaxonomy, chromatography, secondary metabolites.

Род *Xanthoparmelia* (Vain.) Hale (Parmeliaceae) является самым крупным среди листоватых пармелиоидных лишайников и в настоящее время объединяет около 800 видов, из которых 32 вида произрастают в Европе [1; 2]. Группа «*Xanthoparmelia pulla*» насчитывает около 25 видов лишайников с темно-коричневой корой, которые ранее относили к роду *Neofuscelia*, но по результатам молекулярно-филогенетических исследований включенных в род *Xanthoparmelia*, содержащий до этого только виды желто-зеленого цвета с атранорином и усниновой кислотой [3].

В Беларуси первым найденным лишайником из группы «*Xanthoparmelia pulla*» оказался *X. pulla* (Ach.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch, указанный в 1913 году Г.К. Крейером под названием *Parmelia prolixa* (Ach.) Nyl. [4]. В 1920 году Е. и Фр. Бахманны кроме вышеуказанного вида приводят *X. verruculifera* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch (как *Parmelia glomellifera* Nyl.) [5]. Третий вид лишайников данной группы – *X. loxodes* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch – был приведен в 1997 году В.В. Голубковым для Минской возвышенности под названием *Neofuscelia loxodes* (Nyl.) Essl. [6]. Кроме этого, в обобщающей сводке пармелиоидных лишайников Европы для территории Республики Беларусь был упомянут *X. pokornyi* (Körb.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch [2]. Таким образом, до настоящего времени в Беларуси было известно 4 вида лишайников группы «*Xanthoparmelia pulla*»: *Xanthoparmelia loxodes*, *X. pulla*, *X. pokornyi* и *X. verruculifera*.

Определение упомянутых видов в Беларуси базировалось на морфологических характеристиках образцов [7], в то время как современные представления о таксономии обозначенного рода основаны на разнице химического состава вторичных метаболитов сердцевины и требуют проведения хроматографических исследований гербарного материала [8]. В связи с этим данные о разнообразии, распространении и экологии лишайников рода *Xanthoparmelia* на территории республики являются неполными и требуют ревизии.

Цель статьи – провести ревизию всех доступных образцов лишайников группы «*Xanthoparmelia pulla*», установить их таксономическую принадлежность, изучить распространение и экологию установленных видов в пределах Беларуси.

**Материал и методы.** Материалом для данного исследования послужили образцы лишайников рода *Xanthoparmelia*, хранящиеся в гербариях Белорусского государственного университета (MSKU), Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины (GSU), Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (MSK-L), Центрального ботанического сада НАН Беларуси (MSKH) и Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE). Всего было изучено 206 гербарных образцов сборов 1905–2017 гг. Дублетные сборы, хранящиеся в разных гербариях, принимали за один гербарный образец. Морфологию образцов изучали с помощью стереомикроскопа Nikon SMZ-745, состав вторичных метаболитов – методом тонкослойной хроматографии в системе растворителей С [9].

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что 127 (61,7%) из 206 проанализированных образцов рода *Xanthoparmelia* принадлежат группе «*Xanthoparmelia pulla*», включающей 4 вида лишайников – *Xanthoparmelia delisei* (Duby) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch (36 образцов, или 28,3%), *X. loxodes* (28, или 22,0%), *X. pulla* (15, или 11,8%) и *X. verruculifera* (48, или 37,9%). Поскольку упоминание *Xanthoparmelia pokornyi* для Беларуси [2] является ошибочным (Т. Ahti, персональное сообщение) и данный вид не был найден в ходе проведенной ревизии, то он должен быть исключен из ранее приводимых списков видов лишайников.

Среди обнаруженных видов лишайников *Xanthoparmelia loxodes* и *X. verruculifera* являются морфологически схожими. Ниже приводим морфологическое описание этих видов, а также их химический состав, экологию и данные по распространению на территории Беларуси.

*Xanthoparmelia loxodes* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch, Taxon 53(4): 968 (2004).

Таллом листоватый, до 8,5 см в диаметре. Лопасты до 3 мм шириной, плоские, удлинненные, в центральной части таллома часто налегающие друг на друга. Верхняя поверхность от желтовато-коричневой до темно-

коричневой, без соредий, с изидиями. Изидии располагаются группами, часто с разрывами на верхушке, обнажающими белую сердцевину. Нижняя поверхность черная, с простыми ризинами. Апотеции редки, до 3 мм в диаметре.

Морфологически вид *Xanthoparmelia loxodes* идентичен *X. verruculifera*, от которого, тем не менее, в некоторых случаях может отличаться более светлой поверхностью таллома, более широкими лопастями и более крупными изидиями [10]. Однако перечисленные характеристики в значительной степени зависят от условий произрастания конкретного образца и поэтому варьируют в широких пределах. В частности, в ходе настоящей ревизии нам попадались как очень темные образцы *X. loxodes*, так и очень светлые талломы *X. verruculifera*. Поэтому тонкослойная хроматография является единственным достоверным способом определения лишайников данной группы.

Химический состав *X. loxodes* идентичен таковому *X. delisei*, от которого вид отличается наличием изидий. Однако поскольку в некоторых случаях изидии развиты слабо, необходимо тщательное исследование морфологии верхней поверхности талломов изучаемых образцов.

Химический состав. Известны два хемотипа *X. loxodes*. Для хемотипа I характерно содержание гломелловой, гломеллиферовой и перлатоловой кислот, образцы хемотипа II дополнительно к упомянутым веществам содержат также гирофоровую кислоту [11]. В Беларуси более распространен хемотип I, в то время как гирофоровая кислота (хемотип II) содержалась только в 3 (10,7%) гербарных образцах.

Экология. *Xanthoparmelia loxodes* произрастает на силикатных валунах, предпочитая хорошо освещенные местообитания – обочины дорог, поля, холмы. Незначительное число экземпляров было собрано на опушках лесных сообществ (преимущественно сосняков). Один образец был обнаружен на древесине (крыша дома).

Распространение. *Xanthoparmelia loxodes* является широко распространенным видом в Северном полушарии, известным из Европы, Азии, Северной Америки и севера Африки. В Европе вид произрастает в Австрии, Бельгии, Великобритании, Германии, Греции, Дании, Ирландии, Испании, Италии, Нидерландах, Норвегии, Польше, Португалии, Финляндии, Чехии и Швеции [10]. В Беларуси *X. loxodes* является обычным видом, приуроченным к северо-западным районам страны (рис. 1). Установленные нами особенности распространения *X. loxodes* позволяют считать, что он должен быть исключен из списка видов лишайников Республики Беларусь, нуждающихся в профилактической охране [12].

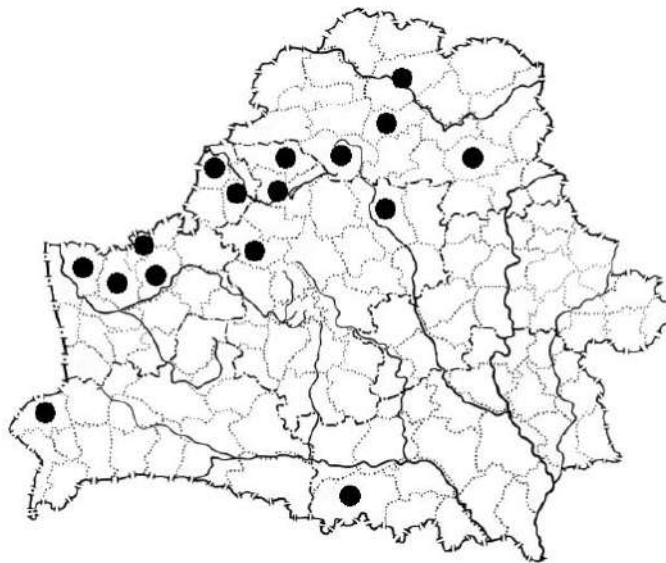


Рис. 1. Распространение *Xanthoparmelia loxodes* на территории Беларуси

Исследованные образцы. БРЕСТСКАЯ ОБЛАСТЬ, Каменецкий район, НП «Беловежская пуща», 0,3 км ЮЗ д. Каменюки, на террасе с булавоносцевой пустошью, на граните, В.В. Голубков, 01.06.1983 (MSK-L); НП «Беловежская пуща», д. Огородники, на древесине (крыша дома), В.В. Голубков, 28.07.1983 (MSK-L); ВИТЕБСКАЯ ОБЛАСТЬ, Глубокский район, 1,5 км В д. Плисса, на граните, В.В. Голубков, 14.06.1990 (MSK-L); Докшицкий район, 0,5 км ЮЗ д. Будиловка, на граните, П.Н. Белый, 16.09.2015 (MSKN 6541); Полоцкий район, 1 км З д. Биккульничи, на граните, В.В. Голубков, 26.09.1991 (MSK-L); 1,5 км СЗ д. Биккульничи, на граните, В.В. Голубков, 28.09.1989 (MSK-L); 3 км ЮВ д. Грицковщина, окраина закустаренного поля, на граните, В.В. Голубков, 08.08.1997 (MSK-L); окр. оз. Яново, на граните, В.В. Голубков, 07.07.1997 (MSK-L); Сенненский район, 1 км С г. Сенно, у шоссе Сенно–

Богушевка, на граните, В.В. Голубков, 19.06.1991 (MSK-L); Ушачский район, 1 км З д. Красное, у озера, на граните, В.В. Голубков, 09.06.1990 (MSK-L); окр. д. Н. Янгень, справа у дороги на д. Зачистье, на граните, В.В. Голубков, 22.04.1991 (MSK-L); ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ, Лельчицкий район, НП «Припятский», Млынокское л-во, на граните, О.П. Шахрай, 01.06.1974 (GSU); ГРОДНЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ, Вороновский район, окр. д. Бастуны, на граните, В.В. Голубков, 14.06.1989 (MSK-L); Гродненский район, 6 форт Гродненской крепости, на граните, А.И. Леонова, 24.07.2013 (MSK-L); д. Коробчицы, на опушке леса, на граните, В.В. Голубков, 24.04.2005 (MSK-L); Лидский район, 7 км С г. Лида, на опушке соснового леса, на граните, В.В. Голубков, 14.06.1989 (MSK-L); Островецкий район, 3 берег оз. Свирь, на валуне, Д.К. Гесь, 29.06.1962 (MSK-L 7116); Сморгонский район, 1,5 км С д. Балобаны, среди посадок деревьев, на граните, В.В. Голубков, 16.06.1989 (MSK-L); Щучинский район, окр. д. Костенево, на граните, В.В. Голубков, 23.06.1999 (MSK-L); окр. д. Пугачи, на граните, В.В. Голубков, 18.08.1999 (MSK-L); МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ, Борисовский район, окр. д. Селец, охранная зона Березинского биосферного заповедника, у памятника «Скорбящая мать», на валуне, П.Н. Белый, 28.05.2008 (MSKH 264); Вилейский район, окр. г. Вилейка, на валуне, Н.В. Горбач, 18.05.1956 (MSK-L 7008); Воложинский район, окр. д. Заберезье, на граните, В.В. Голубков, 18.10.1988 (MSK-L); Мядельский район, НП «Нарочанский», 6 км Ю г.п. Свирь, на валуне, Д.К. Гесь, 29.06.1962 (MSK-L 7115); НП «Нарочанский», окр. д. Антонисберг, на валуне, А.П. Яцына, 26.06.2005 (MSKU 2828); окр. д. Антонисберг и д. Симоны, СВ берег оз. Нарочь, на холмах, на граните, В.В. Голубков, 09.06.1979 (MSK-L); окр. оз. Нарочь, окр. д. Черевки, на граните, В.В. Голубков, 13.08.1980 (MSK-L); окр. д. Некасецк, на граните, В.В. Голубков, 10.06.1986 (MSK-L).

*Xanthoparmelia verruculifera* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch, Taxon 53(4): 972 (2004).

Слоевидное листоватое, розетковидное, плотно прижатое к субстрату, до 8,5 см в диаметре. Лопасты плоские, короткие, до 2 мм длиной. Верхняя поверхность коричневая до черно-коричневой, очень редко светлая по краям таллома. Соредии отсутствуют. Изидии обычно располагаются группами, с пустулезными разрывами, обнажающими белую сердцевину. Нижняя поверхность черная, с простыми ризинами. Апотеции встречаются крайне редко, до 1 мм в диаметре.

*Xanthoparmelia verruculifera* по своей морфологии схож с *X. loxodes* (см. выше), но отличается от него химически. По составу вторичных метаболитов вид идентичен *X. pulla*, от которого отличается присутствием изидий на верхней поверхности таллома.

Химический состав. *Xanthoparmelia verruculifera* характеризуется содержанием стеноспоровой, диварикатовой и перлатоловой кислот в качестве основных веществ, часто сопровождаемых гирофоровой кислотой [10; 11]. В белорусских образцах гирофоровая кислота присутствовала в 19 образцах (39,5%).

Экология. Вид произрастает на силикатных валунах, предпочитая хорошо освещенные местообитания; небольшое число экземпляров было собрано на опушках сосновых лесов. Один образец найден на древесине, которая не является типичным субстратом для данного вида [10].

Распространение. *Xanthoparmelia verruculifera* произрастает в Европе, Северной Америке и на севере Африки. В Европе вид известен из Австрии, Бельгии, Великобритании, Германии, Дании, Ирландии, Испании, Италии, Нидерландов, Норвегии, Польши, Финляндии, Чехии и Швеции [10]. В Беларуси вид широко распространен в северо-западных районах страны (рис. 2), что связано с наличием основного субстрата произрастания – валунов ледникового происхождения, попавших на территорию республики в период плейстоцена вместе со скандинавскими ледниками и не дошедших до южных регионов Беларуси.

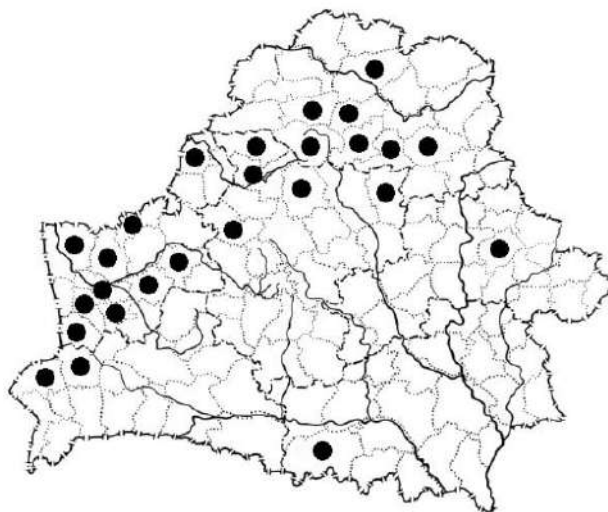


Рис. 2. Распространение *Xanthoparmelia verruculifera* на территории Беларуси

Исследованные образцы. БРЕСТСКАЯ ОБЛАСТЬ, Каменецкий район, НП «Беловежская пуща», 0,3 км. ЮВ д. Каменюки, на террасе с булавоносцевой пустошью и можжевельником, на граните, В.В. Голубков, 08.06.1983 (MSK-L); НП «Беловежская пуща», окр. д. Каменюки, дюны в районе р. Лесная Правая, на граните, В.В. Голубков, 12.07.1984 (MSK-L); Пружанский район, окр. д. Криница, у дороги, на камне, Шпаковский, 29.06.1999 (MSKU 780); ВИТЕБСКАЯ ОБЛАСТЬ, Глубокский район, 0,5 км В д. Прозороки, на граните, В.В. Голубков, 14.06.1990 (MSK-L); 0,5 км С д. Мамаи, на граните, В.В. Голубков, 16.06.1990 (MSK-L); 1 км З д. Подсвилье, на граните, В.В. Голубков, 18.06.1990 (MSK-L); 1,5 км ЮЗ д. Плиса, у дороги, на граните, В.В. Голубков, 18.06.1990 (MSK-L); окр. д. Дерковщина, на граните, В.В. Голубков, 28.06.1996 (MSK-L); Докшицкий район, окр. д. Бабцы, у дороги на д. Каралино, на граните, В.В. Голубков, 07.08.1981 (MSK-L); окр. д. Бабцы, у шоссе Минск–Лепель, на граните, В.В. Голубков, 21.07.1981 (MSK-L); Лепельский район, 2 км С д. Рожно, на опушке леса у шоссе, на граните, В.В. Голубков, 18.05.1986 (MSK-L); окр. д. Заозерье, СЗ берег оз. Полуозерье, у окраины переходного болота, на граните, В.В. Голубков, 13.08.1981 (MSK-L); Полоцкий район, 1 км З д. Бикульничичи, на граните, В.В. Голубков, 26.09.1991 (MSK-L); 1,5 км СЗ д. Бикульничичи, на граните, В.В. Голубков, 29.08.1989 (MSK-L); окр. д. Бикульничичи, на граните, В.В. Голубков, 17.08.1989 (MSK-L); 4 км ЮВ д. Гринковщина, опушка закустаренного леса в поле, на граните, В.В. Голубков, 08.08.1997 (MSK-L); Сенненский район, 0,5 км З д. Тухинка, на граните, В.В. Голубков, 24.04.1991 (MSK-L); Ушачский район, 0,5 км С д. Веркуды, у южного берега оз. Веркуды, на граните, В.В. Голубков, 08.06.1990 (MSK-L); окр. д. Веркуды, на граните, В.В. Голубков, 09.06.1990 (MSK-L); Чашникский район, 0,1 км от д. Крывки, на граните, В.В. Голубков, 23.04.1991 (MSK-L); ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ, Лельчицкий район, НП «Припятский», Млынокское л-во, на граните, О.П. Шахрай, 01.06.1974 (GSU); ГРОДНЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ, Волковысский район, 0,8 км ЮВВ д. Пятаки, на опушке сосняка мшистого, на граните, П.Н. Белый, 03.08.2016 (MSKH 6548); Вороновский район, 3 км В д. Бастуны, на граните, В.В. Голубков, 14.06.1989 (MSK-L); Гродненский район, 3 км Ю д. Коптевка, Гродненское л-во, кв. 143, сосняк кисличный, на граните, Г.Я. Конечкая, 24.04.2004 (MSK-L); 6 форт Гродненской крепости, на граните, А.И. Леонова, 24.07.2013 (MSK-L); г. Гродно, п. Южный, на граните, В.В. Голубков, 27.06.1997 (MSK-L); окр. д. Квасовка, сосновый лес, на камне, Роговский, 01.07.2004 (MSK-L); окр. д. Погораны, опушка леса, на камне, Роговский, 01.07.2004 (MSK-L); окр. д. Погораны, правобережье р. Неман, на граните, В.В. Голубков, 24.07.2003 (MSK-L); Дятловский район, 0,3 км С д. Лезневичи, на граните, В.В. Голубков, 08.06.1989 (MSK-L); 1,5 км СВ д. Новоельня, у дороги Новоельня–Новогрудок, на граните, В.В. Голубков, 07.06.1985 (MSK-L); Зельвенский район, окр. д. Савичи, на древесине (деревянный конек крыши), В.В. Голубков, 24.08.2012 (MSK-L); Мостовский район, 0,5 км ЮЗ д. Лунно, на граните, В.В. Голубков, 27.06.1994 (MSK-L); Новогрудский район, 0,3 км В д. Косичи, на граните, В.В. Голубков (MSK-L); Островецкий район, 1 км З оз. Свирь, на обочине дороги, на валуне, Д.К. Гесь, 26.06.1962 (MSK-L 6086); Свислочский район, 1 км ЮЗ д. Порозово, терраса р. Рось, на граните, В.В. Голубков, 11.06.1989 (MSK-L); НП «Беловежская пуща», Пашуковское л-во, кв. 897, на граните, В.В. Голубков, 28.07.1983 (MSK-L); Щучинский район, 50 м СВ д. Заболоть, на граните, В.В. Голубков, 14.06.1989 (MSK-L); д. Якубовичи, на граните, В.В. Голубков, 15.08.1999 (MSK-L 1282); окр. д. Костенево, на граните, В.В. Голубков, 23.06.1999 (MSK-L); окр. д. Пугачи, на гранитном валуне «Великий камень», В.В. Голубков, 17.08.1999 (MSK-L); МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ, Вилейский район, д. Андоловичина, на граните, В.В. Голубков, 04.07.1983 (MSK-L); Воложинский район, а.г. Раков, на граните, В.В. Голубков, 21.06.1993 (MSK-L); окр. д. Заберезье, 0,5 км по южному склону у дороги Минск–Ошмяны, на граните, В.В. Голубков, 18.09.1988 (MSK-L); Крупский район, окр. д. Докучино, у кладбища, на граните, В.В. Голубков, 18.06.1990 (MSK-L); Логойский район, 1 км В д. Швабовка, на граните, В.В. Голубков, 01.07.1987 (MSK-L); Мядельский район, окр. д. Черевки, на граните, В.В. Голубков, 13.08.1980 (MSK-L); МОГИЛЕВСКАЯ ОБЛАСТЬ, Чаусский район, 2 км ССВ г. Чаусы, левый берег р. Бася, в русле старого ручья, на граните, В.В. Голубков, 24.04.1990 (MSK-L).

**Заключение.** В результате ревизии коллекций лишайников рода *Xanthoparmelia* группы «*Xanthoparmelia pulla*» выявлено, что 36 образцов относятся к *X. delisei* (Duby) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch, 28 – к *X. loxodes* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch, 15 – к *X. pulla* (Ach.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch и 48 – к *X. verruculifera* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch. В Беларуси *X. loxodes* и *X. verruculifera* являются обычными видами лишайников, приуроченными к северо-западным районам страны. Установленные особенности распространения *X. loxodes* позволяют считать, что этот вид должен быть исключен из списка лишайников Республики Беларусь, нуждающихся в профилактической охране.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Thell, A.A review of the lichen family Parmeliaceae – history, phylogeny and current taxonomy / A. Thell, A. Crespo, P.K. Divakar, I. Kärnefelt, S.D. Leavitt, H.T. Lumbsch, M.R.D. Seaward // *Nordic Journal of Botany*. – 2012. – Vol. 30, № 6. – P. 641–664.
2. Hawksworth, D.L. A first checklist of parmelioid and similar lichens in Europe and some adjacent territories, adopting revised generic circumscriptions and with indications of species distributions / D.L. Hawksworth, O. Blanco, P.K. Divakar, T. Ahti, A. Crespo // *The Lichenologist*. – 2008. – Vol. 40, № 1. – P. 1–21.

3. Blanco, O. A new classification of parmelioid lichens containing *Xanthoparmelia*-type lichenan (Ascomycota: Lecanorales) based on morphological and molecular evidence / O. Blanco, A. Crespo, J.A. Elix, D.L. Hawksworth, T.H. Lumbsch // *Taxon*. – 2004. – Vol. 53, № 4. – P. 959–975.
4. Крейер, Г.К. К флоре лишайников Могилевской губернии / Г.К. Крейер // Труды Императорского С.-Петербургского Ботанического Сада. – 1913. – Т. 31, № 2. – С. 263–440.
5. Bachmann, E. Litauische Flechten / E. Bachmann, F. Bachmann // *Hedwigia*. – 1920. – Vol. 61, № 6. – P. 308–342.
6. Голубков, В.В. Предварительные данные по лишайникам Минской возвышенности / В.В. Голубков, С.М. Есис // Актуальные проблемы прирודהзнаўства: матэрыялы юбілейнай навуковай канферэнцыі, прысвечанай 25-годдзю факультэта прырודהзнаўства, 2–4 крас. 1996 г. / БДПУ імя М. Танка; рэдкал.: А.Р. Александровіч [і інш.]. – Мінск, 1997. – С. 66–73.
7. Горбач, Н.В. Лишайники Белоруссии. Определитель / Н.В. Горбач. – Минск: Наука и техника, 1973. – 340 с.
8. Culberson, C.F. Chemosyndromic variation in the *Parmelia pulla* group / C.F. Culberson, W.L. Culberson, T.L. Esslinger // *The Bryologist*. – 1977. – Vol. 80, № 1. – P. 125–135.
9. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P.W. James, F.J. White. – London: British Lichen Society, 2001. – 101 p.
10. Szczepańska, K. The lichen-forming fungi of the *Xanthoparmelia pulla* group (Parmeliaceae, Ascomycota) in Poland / K. Szczepańska, Kossowska // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. – 2014. – Vol. 83, № 1. – P. 59–65.
11. Thell, A. Nordic lichen flora. Vol. 4. Parmeliaceae / A. Thell, R. Moberg. – Göteborg: Zetterqvist tryckeri, 2011. – 184 p.
12. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. Растения / под ред. И.М. Качановского (предс.) [и др.]. – Минск: БэлЭн, 2015. – 448 с.

## REFERENCES

1. Thell, A. A review of the lichen family Parmeliaceae – history, phylogeny and current taxonomy / A. Thell, A. Crespo, P.K. Divakar, I. Kärnefelt, S.D. Leavitt, H.T. Lumbsch, M.R.D. Seaward // *Nordic Journal of Botany*. – 2012. – Vol. 30, № 6. – P. 641–664.
2. Hawksworth, D.L. A first checklist of parmelioid and similar lichens in Europe and some adjacent territories, adopting revised generic circumscriptions and with indications of species distributions / D.L. Hawksworth, O. Blanco, P.K. Divakar, T. Ahti, A. Crespo // *The Lichenologist*. – 2008. – Vol. 40, № 1. – P. 1–21.
3. Blanco, O. A new classification of parmelioid lichens containing *Xanthoparmelia*-type lichenan (Ascomycota: Lecanorales) based on morphological and molecular evidence / O. Blanco, A. Crespo, J.A. Elix, D.L. Hawksworth, T.H. Lumbsch // *Taxon*. – 2004. – Vol. 53, № 4. – P. 959–975.
4. Kreyer, G. K. *Contributio ad floram lichenum gub. Mohilevensis, annis 1908–1910 lectorum* / G. K. Kreyer // *Acta horti Petropolitani*. – 1913. – Vol. 31, № 2. – P. 263–440. (in Russ.)
5. Bachmann, E. Litauische Flechten / E. Bachmann, F. Bachmann // *Hedwigia*. – 1920. – Vol. 61, № 6. – P. 308–342.
6. Golubkov V.V., Yesis S.M. *Aktualniye problemai pryrodaznaustva: Materiyali yubileinai navukovai kanferentsii prysvechanai 25-goddiu fakulteta pryrodaznaustva 2–4 krasavika 1996 g., BDPU imia M. Tanka* [Current Issues of Natural Sciences: Abstracts of Jubilee Scientific Conference Dedicated to the 25 Anniversary of the Faculty of Natural Sciences, April 2–4, 1996, M. Tank Belarusian State Pedagogical University], Minsk, 1997, pp. 66–73.
7. Gorbach N.V. *Lyshainiki Belorussii. Opredelitel* [Lichens of Belarus. Directory], Minsk, Nauka i tekhnika, 1973, 340 p.
8. Culberson, C.F. Chemosyndromic variation in the *Parmelia pulla* group / C.F. Culberson, W.L. Culberson, T.L. Esslinger // *The Bryologist*. – 1977. – Vol. 80, № 1. – P. 125–135.
9. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P.W. James, F.J. White. – London: British Lichen Society, 2001. – 101 p.
10. Szczepańska, K. The lichen-forming fungi of the *Xanthoparmelia pulla* group (Parmeliaceae, Ascomycota) in Poland / K. Szczepańska, Kossowska // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2014. – Vol. 83, № 1. – P. 59–65.
11. Thell, A. Nordic lichen flora. Vol. 4. Parmeliaceae / A. Thell, R. Moberg. – Göteborg: Zetterqvist tryckeri, 2011. – 184 p.
12. Kachanovsky I.M. *Krasnaya kniga respubliki Belarus. Redkiye I nakhodiaschchiesia pod ugrozoi ischeznoveniya vidy dikorastushchikh rastenii. Rasteniya* [Red Data Book of the Republic of Belarus: Rare and Endangered Species of Wild Plants. Plants], Minsk, BelEn, 2015, 448 p.

Поступила в редакцию 27.02.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: tsurykau@gmail.com – Цуриков А.Г.

# Содержание пигментов фотосинтеза и спектры флуоресценции хлорофилла травянистых растений в условиях техногенного воздействия окружающей среды

Е.Г. Тюлькова

Учреждение образования

«Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации»

*В статье рассматриваются и анализируются в сравнительном аспекте особенности содержания хлорофилла а, b и каротиноидов в листовых пластинках наиболее распространенных травянистых растений, произрастающих в промышленных зонах и фоновых условиях, а также спектры флуоресценции хлорофилла как критерии адаптации растительности к техногенным условиям произрастания.*

*Цель исследования – установить характер изменения концентраций фотосинтетических пигментов травянистых растений и спектров флуоресценции хлорофилла как показателей адаптации растений к техногенным условиям и биоиндикаторов загрязнения среды их обитания.*

**Материал и методы.** *Материал исследования – наиболее распространенная травянистая растительность техногенных и фоновых условий. Определение концентрации фотосинтетических пигментов и интенсивности флуоресценции хлорофилла осуществляли с помощью спектрофлуориметра СМ 2203. Математическую обработку цифрового материала выполняли в Excel.*

**Результаты и их обсуждение.** *Установлено, что стратегия адаптации травянистых растений к произрастанию в техногенной среде связана с тем, что их фотосинтетический аппарат стремится частично компенсировать незначительное содержание зольных элементов более высокой концентрацией фотосинтетических пигментов. Среди представителей семейства Астровые Asteraceae, Бобовые Fabaceae, Злаки Gramineae и Капустные Brassicaceae клевер луговой Trifolium pratense (семейство Бобовые Fabaceae) характеризуется самым высоким содержанием пигментов фотосинтеза по сравнению с другими исследуемыми видами травянистых растений как в техногенных, так и в фоновых условиях. Спектры флуоресценции хлорофилла всех рассматриваемых травянистых растений в отличие от древесных характеризуются наличием не двух, а только одного пика в области 670–685 нм, что требует более глубоких и детальных дальнейших исследований в этом направлении.*

**Заключение.** *В условиях влияния техногенных элементов выбросов промышленных предприятий травянистые растения могут проявлять тенденцию более интенсивной деятельности фотосинтетического аппарата, что позволяет им адаптироваться к стрессовым условиям окружающей среды.*

**Ключевые слова:** *травянистые растения, хлорофилл, флуоресценция, техногенное влияние, адаптация.*

## The Content of Photosynthesis Pigments and Chlorophyll Fluorescence Spectra of Herbaceous Plants in Technogenic Environmental Impact Conditions

E.G. Tyulkova

Educational Establishment «Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperatives»

*This article discusses and analyzes in a comparative aspect features of chlorophyll a, b and carotenoid content in leaf blades of most common herbaceous plants growing in industrial areas and background conditions, as well as chlorophyll fluorescence spectra as criteria of vegetation adaptation to growing in industrial conditions.*

The research purpose is to establish the behavior of the herbaceous plants photosynthetic pigment concentrations and chlorophyll fluorescence spectra as parameters of plant adaptation to the technogenic conditions and environment pollution bioindicators.

**Material and methods.** The object of the research is the most common herbaceous vegetation of technogenic and background conditions. Determination of photosynthetic pigments concentration and chlorophyll fluorescence intensity was carried out using the spectrofluorimeter CM 2203. Mathematical processing of the digital material was carried out in Excel.

**Findings and their discussion.** It is established that the strategy of grassy plants adaptation to growth in the technogenic environment is connected with the fact that their photosynthetic apparatus seeks to compensate partially the insignificant content of cindery elements by photosynthetic pigments of higher concentration. Among representatives of the family of Asteraceae, Fabaceae, Gramineae and Brassicaceae red clover *Trifolium pratense* (Fabaceae family) has the highest content of photosynthetic pigments in comparison with other kinds of herbaceous plants studied both in technogenic and background conditions. Chlorophyll fluorescence spectra of all the studied herbaceous plants unlike wood are characterized by the presence of not two but only one peak in the region of 670–685 nm, which requires deeper and detailed further investigations in this direction.

**Conclusion.** Under the influence of emissions by industrial enterprises of technogenic elements, herbaceous plants may tend to intensify photosynthetic activity, which allows them to adapt to stressful environmental conditions.

**Key words:** herbaceous plants, chlorophyll, fluorescence, technogenic influence, adaptation.

Ключевым компонентом в решении проблемы обеспечения качества условий для роста и развития растений является использование методов биологического мониторинга, позволяющих получить интегральную оценку последствий воздействия комплекса всех внешних факторов на представителей флоры [1; 2]. Одним из направлений фитоиндикации выступает определение экологически значимых техногенных нагрузок на основе реакций растительных организмов, произрастающих в данной среде, и оценка степени последствий таких нагрузок. Воздействие атмосферного воздуха промышленных предприятий и автотранспорта – причина адаптации и трансформации травяного покрова, связанная со способностью растений изменять (снижать или повышать) концентрацию пигментов фотосинтеза, активизировать работу системы биохимической защиты и компенсировать стрессовое состояние растений [2–4].

В настоящее время наибольшее развитие получили люминесцентные и спектральные методы, которые перспективны для диагностики состояния клеток растений в условиях техногенного загрязнения их среды обитания [5–8]. Это связано с тем, что хлорофилл – своеобразный природный датчик состояния клеток растений, из-за чего какое-либо негативное влияние вызывает изменения его оптических свойств. В результате возможна трансформация спектров поглощения хлорофилла, которые с помощью люминесцентных методов реально регистрировать даже на начальных этапах внешнего воздействия [9].

Цель исследования – установить характер изменения концентраций фотосинтетических пигментов травянистых растений и спектров флуоресценции хлорофилла как показателей адаптации растений к техногенным условиям и биоиндикаторов загрязнения среды их обитания.

**Материал и методы.** В качестве материалов травянистых растений использовались тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium*, клевер луговой *Trifolium pratense*, ежа сборная *Dactylis glomerata*, икотник серый *Berteroa incana* как наиболее распространенные и часто встречающиеся виды травянистых растений на изучаемых территориях. Пробы листьев отбирали в окружении отдельных промышленных предприятий города Гомеля – ОАО «Гомельстекло» и ОАО «Гомельдрев», которые различаются спецификой промышленного производства и, соответственно, уровнем техногенного влияния на состояние атмосферного воздуха. Кроме того, выбор данных промышленных территорий для отбора проб травянистых растений также связан с тем, что по результатам проведенных исследований здесь отмечена самая высокая и пониженная средняя зольность указанных выше травянистых растений. Средняя зольность находилась с учетом зольности отдельных частей растений – цветка, листа, стебля и корня – методом озоления предварительно высушенных образцов в муфельной печи.

С целью проведения сравнительной оценки концентрации фотосинтетических пигментов использовались фоновые условия, в качестве которых выступила пригородная зона города Гомеля (смешанный лес), свободная от влияния промышленной деятельности и интенсивного транспорта.

Для определения концентрации хлорофилла *a*, *b*, каротиноидов и оценки интенсивности флуоресценции хлорофилла листовых пластинок травянистых растений применяли спектрофлуориметр CM 2203. С этой целью были приготовлены вытяжки из навески сырых листьев массой 100–150 мг в 100 % ацетоне [10].

Среднюю концентрацию хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов (использовали 10 параллельных определений) определяли по формулам 1, 2, 3 и 4:

$$C_a = 9,784D_{662} - 0,99D_{644}, \quad (1)$$

$$C_b = 21,426D_{644} - 4,650D_{662}, \quad (2)$$

$$C_a + C_b = 5,134D_{662} + 20,436D_{644}, \quad (3)$$

$$C_k = 4,695D_{440,5} - 0,268C_{a+b}, \quad (4)$$

где  $C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_k$  – средняя концентрация хлорофилла  $a$ ,  $b$  и каротиноидов в вытяжке сырых листьев объектов исследования ( $\text{мг/дм}^3$ );  $D_{440,5}$ ,  $D_{644}$ ,  $D_{662}$  – оптическая плотность при длинах волн 440,5 нм, 644 нм и 662 нм.

**Результаты и их обсуждение.** В настоящее время известно, что очень важным показателем функционального состояния растений выступает их ассимиляционная активность. При этом техногенное воздействие может быть причиной как более высокой концентрации хлорофилла, увеличения активности фотосинтеза и более интенсивного синтеза органических веществ, так и резкого снижения данных показателей [2–4]. В наших исследованиях концентрация хлорофилла  $a$ ,  $b$  и каротиноидов в пробах травянистых растений, отобранных в окружающей промышленности предприятий, по сравнению с фоновыми условиями оказалась значительно ниже (табл. 1). Исключение составил хлорофилл  $a$  и  $b$  икотника серого *Berteroa incana*, произрастающего вблизи ОАО «Гомельдрев», и хлорофилл  $b$  клевера лугового *Trifolium pratense* с территории ОАО «Гомельстекло».

Для выявления различий между исследуемыми параметрами в техногенных и фоновых условиях осуществлялся  $t$ -тест на проверку равенства средних значений (табл. 2). Так как полученные  $p$ -значения меньше 0,05, гипотеза о достоверности различий между концентрацией хлорофилла и каротиноидов в техногенных и фоновых условиях подтверждается на всех территориях для всех представителей.

Если сравнить концентрацию хлорофилла всех исследуемых травянистых растений, то клевер луговой *Trifolium pratense* (семейство Бобовые *Fabaceae*) характеризуется самым высоким содержанием пигментов фотосинтеза по сравнению с другими видами травянистых растений как в техногенных, так и в фоновых условиях (табл. 1). Минимальная концентрация фотосинтетических пигментов отмечена у икотника серого *Berteroa incana* (семейство Капустные *Brassicaceae*).

С целью проведения сравнительного анализа тенденции изменения концентрации хлорофилла и каротиноидов в техногенных условиях с учетом зольности растений использовали среднее значение накопления зольных элементов исследуемыми частями растений на изучаемых территориях (табл. 3). При этом максимальная средняя зольность тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* и клевера лугового *Trifolium pratense* приходилась на территорию ОАО «Гомельдрев», минимальная – ОАО «Гомельстекло»; тогда как у ежи сборной *Dactylis glomerata* наблюдалась противоположная тенденция. Минимальная зольность икотника серого *Berteroa incana* приходилась на территорию ОАО «Гомельстекло», тогда как по максимальному содержанию зольных элементов для данного представителя травянистых растений не прослеживалась тенденция накопления в пределах рассматриваемых территорий.

При использовании показателя зольности выявлено, что у тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* (семейство Астровые *Asteraceae*) и клевера лугового *Trifolium pratense* (семейство Бобовые *Fabaceae*) на территории ОАО «Гомельстекло» наблюдается более высокое содержание фотосинтетических пигментов при минимальной зольности (табл. 1, 3). Ежа сборная *Dactylis glomerata* (семейство Злаки *Gramineae*) при несколько пониженной зольности проб на территории ОАО «Гомельдрев» также характеризуется более высокой концентрацией хлорофилла и каротиноидов. Возможно, таким образом проявляется стратегия адаптации травянистых растений к произрастанию в техногенной среде, связанная с высоким содержанием хлорофилла и каротиноидов при незначительной концентрации зольных элементов. Что касается икотника серого *Berteroa incana*, то здесь при более высокой зольности (территория ОАО «Гомельдрев») содержание хлорофилла и каротиноидов также повышается, тогда как на фоне низкой зольности (территория ОАО «Гомельстекло») концентрация пигментов фотосинтеза также понижена. Это свидетельствует о том, что у отдельных представителей травянистых растений в качестве результата влияния техногенных элементов выбросов промышленных предприятий на рост и развитие возможны пониженное накопление зольных элементов и снижение концентрации фотосинтетических пигментов.

Как уже отмечалось, преимущество люминесцентных и спектральных методов заключается в том, что они достаточно эффективны для диагностики состояния клеток растений в условиях техногенного загрязнения их среды обитания уже на ранних этапах негативных проявлений. В этом направлении полученные нами результаты определения максимальной флуоресценции хлорофилла свидетельствуют о том, что все исследуемые представители независимо от концентрации хлорофилла характеризуются максимальной величиной флуоресценции хлорофилла в фоновых условиях по сравнению с техногенной зоной вблизи ОАО «Гомельдрев» (рис. 1а). Тогда как при произрастании в окружении ОАО «Гомельстекло» хлорофилл листовых пластинок флуоресцирует более интенсивно в промышленной зоне по сравнению с фоновыми условиями (рис. 1б).

Если учитывать, что максимальная интенсивность флуоресценции хлорофилла зависит от интенсивности возбуждения светом, обусловлена количеством возбужденных молекул хлорофилла и отражает динамическое равновесие процесса восстановления первичного акцептора в фотосистеме 2 и его очередного окисления следующими переносчиками электронов, то в конечном итоге этот показатель характеризует эффективность использования света в фотосинтезе. Таким образом, в техногенных условиях травянистые растения в одних случаях (тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium*, клевер луговой *Trifolium pratense*) проявляют тенденцию частичной компенсации незначительного содержания фотосинтетических пигментов более эффективным использованием

энергии света для фотосинтеза и накоплением зольных элементов (пробы с территории ОАО «Гомельдрев»); в других – ежа сборная (*Dactylis glomerata*) – при низкой зольности повышают концентрацию хлорофилла, каротиноидов и интенсивность фотосинтеза (пробы с территории ОАО «Гомельдрев»), что позволяет растениям адаптироваться к произрастанию в условиях воздействия техногенных элементов выбросов промышленных предприятий. Также возможно угнетение роста и развития растений (на примере икотника серого *Berteroа incana*), когда при низкой концентрации пигментов фотосинтеза, зольных элементов и интенсивной флуоресценции хлорофилла происходит снижение эффективности использования световой энергии в процессе фотосинтеза (территория ОАО «Гомельстекло»). «Идеальным» вариантом в наших исследованиях явились пробы икотника серого *Berteroа incana*, отобранные в окружении ОАО «Гомельдрев», в которых концентрация хлорофилла, каротиноидов и величина зольности достаточно высокие, а флуоресценция хлорофилла ниже по сравнению с фоновыми условиями, что свидетельствует о благоприятных условиях для роста и развития данного представителя.

Следует отметить, что в отличие от литературных данных, полученных для древесных растений [8], в наших исследованиях спектры флуоресценции хлорофилла всех рассматриваемых травянистых растений характеризуются наличием не двух, а только одного пика в области 670–685 нм (рис.). Полученные результаты требуют более глубоких и детальных исследований спектров флуоресценции хлорофилла травянистых растений в более широком волновом диапазоне и на данном этапе не позволяют в сравнительном плане проанализировать интенсивность функционирования фотосистемы 1 и фотосистемы 2.

В табл. 4 представлены результаты определения интенсивности флуоресценции хлорофилла и индекса жизнеспособности растений (отношение  $F_{max}/F_{стац.}$ ) в промышленной зоне и фоновых условиях.

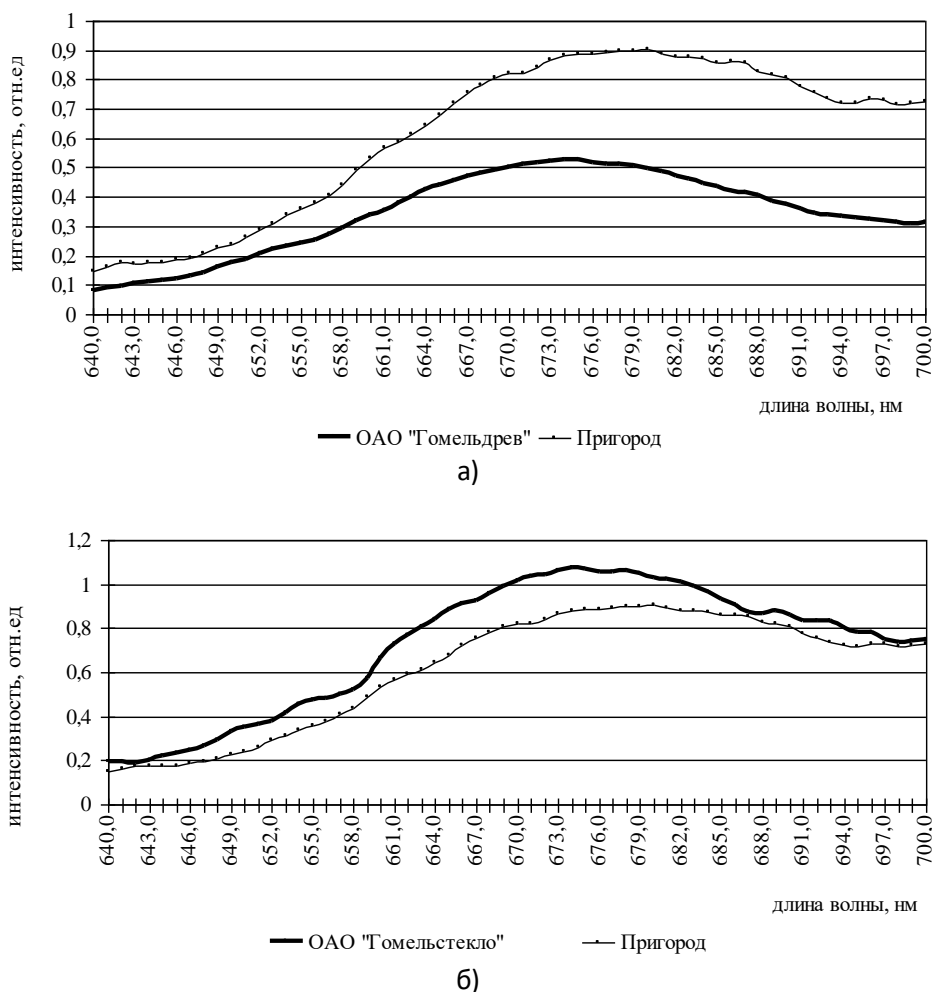


Рис. Спектры флуоресценции хлорофилла листовых пластинок тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* в техногенной зоне и фоновых условиях (остальные представители – аналогично)

Таблица 1

Содержание фотосинтетических пигментов в листовых пластинках травянистых растений

Место отбора проб	Содержание фотосинтетических пигментов, мг/л															
	тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i>				клевер луговой <i>Trifolium pratense</i>				ежа сборная <i>Dactylis glomerata</i>				икотник серый <i>Berteroa incana</i>			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноиды	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноиды	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноиды	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноиды
ОАО «Гомель-Древ»	4,35±0,05	0,75±0,03	5,09±0,09	2,14±0,02	11,01±0,15	2,14±0,02	13,15±0,13	2,83±0,03	8,80±0,12	2,31±0,01	11,10±0,11	2,27±0,03	7,45±0,06	1,78±0,05	9,23±0,11	2,66±0,03
ОАО «Гомель-стекло»	5,38±0,06	1,71±0,02	7,10±0,08	1,97±0,02	12,45±0,24	2,59±0,03	15,04±0,21	3,67±0,06	8,35±0,08	2,20±0,05	10,55±0,13	2,78±0,03	3,25±0,04	1,00±0,04	4,25±0,08	1,60±0,02
Пригород	13,14±0,22	2,38±0,01	15,52±0,23	4,34±0,06	22,12±1,08	2,57±0,38	24,69±0,70	5,96±0,19	13,56±0,16	2,67±0,02	16,23±0,18	4,80±0,05	5,48±0,06	1,31±0,05	6,79±0,11	4,73±0,03

Таблица 2

p-значения при двухвыборочном t-тесте содержания фотосинтетических пигментов в листовых пластинках травянистых растений

Место отбора проб	p-значения при двухвыборочном t-тесте															
	тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i>				клевер луговой <i>Trifolium pratense</i>				ежа сборная <i>Dactylis glomerata</i>				икотник серый <i>Berteroa incana</i>			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноиды	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноиды	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноиды	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноиды
ОАО «Гомель-Древ»	3,10x10 <sup>-24</sup>	6,50x10 <sup>-23</sup>	2,30x10 <sup>-26</sup>	5,40x10 <sup>-20</sup>	3,21x10 <sup>-25</sup>	9,10x10 <sup>-13</sup>	1,20x10 <sup>-27</sup>	5,20x10 <sup>-23</sup>	9,35x10 <sup>-23</sup>	2,80x10 <sup>-13</sup>	2,50x10 <sup>-23</sup>	1,70x10 <sup>-20</sup>	4,41x10 <sup>-21</sup>	4,60x10 <sup>-18</sup>	5,70x10 <sup>-22</sup>	1,70x10 <sup>-18</sup>
ОАО «Гомельстекло»	1,05x10 <sup>-23</sup>	1,0x10 <sup>-15</sup>	5,50x10 <sup>-27</sup>	1,20x10 <sup>-20</sup>	7,92x10 <sup>-27</sup>	0,003	9,80x10 <sup>-27</sup>	5,90x10 <sup>-21</sup>	7,65x10 <sup>-24</sup>	2,90x10 <sup>-12</sup>	1,50x10 <sup>-26</sup>	5,30x10 <sup>-22</sup>	1,04x10 <sup>-20</sup>	4,20x10 <sup>-13</sup>	1,40x10 <sup>-21</sup>	3,30x10 <sup>-25</sup>

Таблица 3

**Средняя зольность травянистых растений**

Место отбора проб	Средняя зольность, %			
	тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i>	клевер луговой <i>Trifolium pratense</i>	ежа сборная <i>Dactylis glomerata</i>	икотник серый <i>Berteroa incana</i>
1	4,0±0,020	5,3±0,007	5,4±0,004	7,5±0,013
2	8,9±0,009	5,8±0,007	4,3±0,005	5,4±0,002
3	3,5±0,007	4,4±0,011	5,3±0,016	5,4±0,018
4	3,0±0,010	4,0±0,008	6,8±0,011	4,8±0,011
5	4,3±0,013	4,6±0,013	7,9±0,013	5,8±0,007
6	4,4±0,008	4,6±0,013	4,0±0,015	6,8±0,011
7	4,5±0,010	4,4±0,011	5,0±0,008	5,1±0,008
8	3,0±0,011	3,4±0,009	3,1±0,013	3,5±0,008

**Примечание:** 1 – ОАО «Гомельский химический завод», 2 – ОАО «Гомельдрев», 3 – ОАО «Гомельский завод литья и нормалей», 4 – ОАО «Гомельстекло», 5 – объездная дорога, 6 – селитебная зона (частная застройка), 7 – селитебная зона (многоэтажная застройка), 8 – пригород (прилегающая территория).

Таблица 4

**Характеристика флуоресценции хлорофилла травянистых растений**

Место отбора проб	Исследуемые травянистые растения							
	тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i>		клевер луговой <i>Trifolium pratense</i>		ежа сборная <i>Dactylis glomerata</i>		икотник серый <i>Berteroa incana</i>	
	$F_{max}$	$F_{max}/F_{стац.}$	$F_{max}$	$F_{max}/F_{стац.}$	$F_{max}$	$F_{max}/F_{стац.}$	$F_{max}$	$F_{max}/F_{стац.}$
ОАО «Гомельдрев»	0,526	2,35	0,412	1,96	0,545	2,08	0,495	2,16
ОАО «Гомельстекло»	1,077	1,44	1,096	1,39	1,144	1,52	1,270	1,69
Пригород	0,903	1,24	0,823	1,16	0,954	1,28	0,996	1,41

Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что травянистые растения в фоновых условиях при незначительной зольности и максимальной концентрации хлорофилла характеризуются самым низким индексом жизнеспособности, тогда как в техногенной зоне они отличаются более высокой величиной данного показателя. При этом все пробы, отобранные в окружении ОАО «Гомельдрев», отличаются наиболее высоким значением индекса жизнеспособности при самой низкой величине максимальной интенсивности флуоресценции хлорофилла. Это указывает на реализацию адаптивных стратегий растений в виде наиболее интенсивного использования света в процессе фотосинтеза, наличия значительных различий между максимальным и стационарным уровнем флуоресценции хлорофилла и характеризует обозначенную территорию как более благоприятную для произрастания травянистых растений по сравнению с ОАО «Гомельстекло».

**Заключение.** В техногенных условиях травянистые растения в одних случаях (тысячелистник обыкновенный *Achillea millefolium*, клевер луговой *Trifolium pratense*) проявляют тенденцию частичной компенсации незначительного содержания фотосинтетических пигментов более эффективным использованием энергии света для фотосинтеза и накоплением зольных элементов (пробы с территории ОАО «Гомельдрев»); в других – ежа сборная (*Dactylis glomerata*) – при низкой зольности повышают концентрацию хлорофилла, каротиноидов и интенсивность фотосинтеза (пробы с территории ОАО «Гомельдрев»), что позволяет растениям адаптироваться к произрастанию в условиях воздействия техногенных элементов выбросов промышленных предприятий. Также возможно угнетение роста и развития растений (на примере икотника серого *Berteroa incana*), когда при низкой концентрации пигментов фотосинтеза, зольных элементов и интенсивной флуоресценции хлорофилла происходит снижение эффективности использования световой энергии в процессе фотосинтеза. Клевер луговой

*Trifolium pratense* (семейство Бобовые *Fabaceae*) характеризуется самым высоким содержанием пигментов фотосинтеза по сравнению с другими исследуемыми видами травянистых растений как в техногенных, так и в фоновых условиях. Спектры флуоресценции хлорофилла всех рассматриваемых травянистых растений характеризуются наличием не двух, а только одного пика в области 670–685 нм, что требует более глубоких и детальных исследований в этом направлении. Все пробы, отобранные в окружении ОАО «Гомельдрев», отличаются наиболее высоким значением индекса жизнеспособности при самой низкой величине максимальной интенсивности флуоресценции хлорофилла, что характеризует эту территорию как более благоприятную для произрастания травянистых растений по сравнению с ОАО «Гомельстекло».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздова, Н.И. Изучение особенностей накопления тяжелых металлов в системе «почва–растения» в условиях промышленных зон г. Гомеля / Н.И. Дроздова, Т.В. Макаренко // Экологический вестник. – 2015. – № 4(34). – С. 96–102.
2. Сергейчик, С.А. Эколого-физиологический мониторинг устойчивости ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в техногенной среде / С.А. Сергейчик // Экологический вестник. – 2013. – № 1. – С. 89–97.
3. Савинцева, Л.С. Экологический анализ адаптивных механизмов растений в урбанизированной среде: автореф. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Л.С. Савинцева; Вят. гос. с.-х. акад. – Петрозаводск, 2015. – 23 с.
4. Двоглазова, А.А. Эколого-биологические особенности древесных и травянистых растений в насаждениях урбаноэкосистемы крупного промышленного центра (на примере г. Ижевска): автореф. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / А.А. Двоглазова; ФГОУ ВПО «Ижевская гос. с.-х. академия». – Уфа, 2009. – 21 с.
5. Рубин, А.Б. Биофизические методы в биологическом мониторинге / А.Б. Рубин // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – № 4. – С. 7–13.
6. Использование переменной флуоресценции хлорофилла для оценки физиологического состояния фотосинтетического аппарата растений / В.Н. Гольцев [и др.] // Физиология растений. – 2016. – № 6. – С. 881–901.
7. Кузнецова, Е.А. Исследование флуоресценции листьев растений при повышенных температурах / Е.А. Кузнецова // Лесной вестник. – 2000. – № 2. – С. 127–139.
8. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода / В.С. Лысенко [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4. – С. 112–120.
9. Фатеева, Н.Л. Дистанционная диагностика состояния растений на основе метода лазерно-индуцированной флуоресценции: автореф. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.05 / Н.Л. Фатеева; Ин-т оптики атмосферы им. В.Е. Зуева, Сибир. отд-ние РАН. – Новосибирск, 2007. – 19 с.
10. Шубина, А.Г. Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.), растущих в г. Тамбове / А.Г. Шубина // Вестник ТГУ. – 2011. – Вып. 1. – С. 353–355.

## REFERENCES

1. Drozdova N.I., Makarenko T.V. *Ekologichski vestnik* [Ecological Bulletin], 2015, 4(34), pp. 96–102.
2. Sergeichik S.A. *Ekologichski vestnik* [Ecological Bulletin], 2013, 1, pp. 89–97.
3. Savintseva L.S. *Ekologicheski analiz adaptivnykh mekhanizmov rastenii v urbanizirovannoi srede: avtoref. ... kand biol. nauk* [Ecological Analysis of Plants Adaptive Mechanisms in Urban Environment: PhD (Biology) Dissertation Summary], Vyat. gos. s-kh akad., Petrozavodsk, 2015, 23 p.
4. Dvoeglazova A.A. *Ekologo-biologicheskiye osobennosti drevesnykh i travianistykh rastenii v nasazhdeniyakh urbanoekosistemi krupnogo promyshlennogo tsentra (na primere g. Izhevsk): avtoref. ... kand biol. nauk* [Ecological and Biological Features of Wood and Herbaceous Plants in Plantations of a Large Industrial Centre Urban Ecosystem (the City of Izhevsk): PhD (Biology) Dissertation Summary], Izhevsk State Academy of Agricultural Sciences, Ufa, 2009, 21 p.
5. Rubin A.B. *Soroovskii obrazovatelni zhurnal* [Soros Education Journal], 2000, 4, pp. 7–13.
6. Goltsev V.N. *Fiziologiya rastenii* [Plant Physiology], 2016, 6, pp. 881–901.
7. Kuznetsova E.A. *Lesnoi vestnik* [Bulletin of Flattering], 2000, 2, pp. 127–139.
8. Lyenko V.S. *Fundamentalniye issledovaniya* [Fundamental Research], 2013, 4, pp. 112–120.
9. Fateyeva N.L. *Dstantsionnaya diagnostika sostoyaniya rastenii na osnove metoda lazerno-indutsirovannoi fluorestsentsii: avtoref. ... kand. f.-m. nauk* [PhD (Physics and Mathematics) Dissertation Summary] [Remote Diagnostics of Plant Condition Based on the Method of Laser-Induced Fluorescence: PhD (Physics and Mathematics) Dissertation Summary], Institut optiki atmosferi imeni V.E. Zueva, Novosibirsk, 2007, 19 p.
10. Shubina A.G. *Vestnik TGU* [Journal of TSU], 2011, 1, pp. 353–355.

Поступила в редакцию 13.02.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: tut-3@mail.ru – Тюлькова Е.Г.

## Сравнительный анализ избирательности кормовых растений гусеницами шелкопрядов

С.И. Денисова

Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

*В исследовании была изучена избирательная способность гусениц дендрофильных чешуекрылых к запоминанию кормового растения в зависимости от возраста гусениц и вида кормового растения.*

*Цель статьи – оценка индукции предпочтения кормового растения у гусениц шелкопрядов для выявления широты их трофической специализации в условиях северо-востока Беларуси.*

**Материал и методы.** При исследовании избирательной способности только что отродившихся гусениц и гусениц II возраста к кормовым растениям их помещали в центр чашки Петри, по периферии размещались равные количества испытываемых растений в последовательности, создающей наибольшую равномерность их распределения. Число гусениц непарного, березового и дубового шелкопрядов в опытах составляло 60 экземпляров (по 20 гусениц в каждой из трех повторностей). При изучении пищевой избирательности гусениц V возраста их содержали в стеклянных банках емкостью 3 литра и давали срезанные ветви растений в парных тестах. Количество гусениц в каждом опыте – 60 (по 20 экземпляров в каждой из трех повторностей).

**Результаты и их обсуждение.** Индукция трофического поведения или пищевая избирательность гусениц дубового шелкопряда наиболее четко проявляется при питании листом березы и ивы, в наименьшей степени – при питании лещиной и рябиной. У гусениц березового шелкопряда выработка привыкания к новому кормовому растению в ходе онтогенеза проходила более быстрыми темпами, чем у гусениц дубового шелкопряда, а круг растений, к которым вырабатывалось пищевое предпочтение, расширился. Круг кормовых растений у полифага – непарного шелкопряда достоверно расширяется по сравнению с олигофагами – дубовым и березовым шелкопрядами, а скорость выработки индукции трофического поведения выше, или, иначе, период времени, необходимый для появления пищевой избирательности, у гусениц полифага намного короче, чем у олигофагов.

**Заключение.** Резюмируя все вышеуказанное, отметим, что круг растений, на которых возможно развитие дубового шелкопряда, самый узкий, пищевые адаптации к новым кормовым растениям у него вырабатываются медленнее, чем у березового и непарного шелкопрядов. По данным наших исследований дубового шелкопряда можно отнести к узким олигофагам.

**Ключевые слова:** олигофаг, полифаг, индукция предпочтения корма, кормовое растение.

## Comparative Analysis of the Selectivity of Fodder Plants by Silkworm Caterpillars

S.I. Denisova

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*Selection ability of caterpillars of dendrophilic lepidoptera to remember the fodder plant depending on the age of the caterpillars and the type of the fodder plant was studied in the research.*

*The purpose of the article is to assess the induction of fodder plant preference of silkworm caterpillars for identifying the width of their trophy specialization in the conditions of the North-East of Belarus.*

**Material and methods.** In the study of the fodder plant selection ability of newly born caterpillars and caterpillars of the second age, they were put into a Petri dish. In the periphery equal quantities of the tested plants were put in the sequence which was evenly spread. The number of gypsy-moth, birch and oak silkworm caterpillars in the experiments was 60 pieces (20 caterpillars in each of the three repetitions). To study fodder selection by V age caterpillars they were kept in three-litter glass jars and were fed with cut plant branches in pair tests. The number of caterpillars in each test was 60 (20 pieces in each of the three repetitions).

**Findings and their discussion.** Induction of trophy behavior or oak silkworm caterpillar fodder selectivity is most clearly manifested in feeding with birch or willow leaves and least clearly – in feeding with hazel and rowan, Caterpillars of birch silkworm

got used to the new fodder plant faster than oak silkworm caterpillars and the number of plants which they preferred as fodder widened. The number of polyphage, that is gypsy-moth, fodder plants reliably widened compared to oligophages, oak and birch silkworm, while the rate of induction of trophy behavior development was higher or the period of time necessary for the appearance of fodder selectivity of polyphage caterpillars was shorter than that of oligophage caterpillars'.

**Conclusion.** Summing everything up we should point out that the number of plants which oak silkworm can breed on, is the smallest; fodder adaptations to new fodder plants develop slower than those of birch silkworm and gypsy-moth. According to our research oak silkworm can be referred to narrow oligophages.

**Key words:** oligophage, polyphage, induction of fodder preference, fodder plant.

Согласно сведениям, приведенным в ряде работ [1–3], способность к обучению обнаруживается уже у гусениц I возраста и сохраняется вплоть до последних возрастов. Еще не питавшиеся особи, равно как и развивавшиеся на искусственных питательных средах, иногда проявляют менее строгую избирательность, чем развивавшиеся на естественном корме. Как правило, для формирования индукции предпочтения достаточно несколько дней, этот срок зависит от видовой принадлежности как самого насекомого, так и предлагаемого растения. Эффект индукции стабилен, линьки не препятствуют запоминанию. При принудительном (без возможности выбора) питании «непривычным», но пригодным кормом обычно удается вызвать индукцию предпочтения и к нему.

Цель статьи – оценка индукции предпочтения кормового растения у гусениц шелкопрядов для выявления широты их трофической специализации в условиях северо-востока Беларуси.

**Материал и методы.** Исследования проводились на базе биологического стационара «Щитовка» и в лабораториях биофака ВГУ имени П.М. Машерова в период с 2016 по 2017 г. В качестве объекта исследований использовались китайский дубовый шелкопряд (*Antheraea pernyi* G.-M), непарный шелкопряд (*Lymantria dispar* L.) и березовый шелкопряд (*Endromis versicolora* L.). Кормовыми растениями вышеуказанных видов служили дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), ива корзиночная (*Salix viminalis* L.), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), лещина (*Corylus avellana* L.), рябина (*Sorbus aucuparia* L.), яблоня (*Malus palustris* L.), ольха серая (*Alnus incana* Mill.).

При исследовании избирательной способности только что отродившихся гусениц и гусениц II возраста к кормовым растениям их помещали в центр чашки Петри, по периферии размещались равные количества испытываемых растений в последовательности, создающей наибольшую равномерность их распределения. Число гусениц непарного, березового и дубового шелкопрядов в опытах составляло 60 экземпляров (по 20 гусениц в каждой из трех повторностей). При изучении пищевой избирательности гусениц V возраста их содержали в стеклянных банках емкостью 3 литра и давали срезанные ветви растений в парных тестах. Количество гусениц в каждом опыте – 60 (по 20 экземпляров в каждой из трех повторностей).

Выживаемость гусениц определялась по формуле:

$$Ж = \frac{Л \cdot 100}{Г} \%,$$

где Ж – жизнеспособность гусениц в процентах; Л, Г – количество гусениц соответственно в начале и конце возраста.

Фактическую плодовитость бабочек определяли путем подсчета яиц в кладках.

**Результаты и их обсуждение.** Проведенные нами опыты (табл. 1) по изучению индукции предпочтения у только что отродившихся гусениц дубового шелкопряда при свободном выборе из двух попарно предлагаемых видов растений показали, что в опыте с березой только 16,0% гусениц начали питаться листом березы, большинство гусениц выбрало дуб, то же самое произошло и в опыте с такими кормовыми растениями, как ива, лещина, рябина, причем в процентном отношении количество гусениц, выбравших для питания лист вышеперечисленных растений, убывает от 16,0% (лист березы) до 4,0% (лист рябины). От питания листом яблони гусеницы дубового шелкопряда вообще отказались. Лист ольхи привлек самое большое число гусениц (20,0%) по сравнению с другими предлагаемыми растениями. Но все равно самое значительное число гусениц выбрало дуб во всех опытах.

У гусениц второго возраста после того, как они весь первый возраст принудительно питались листом березы, ивы, лещины, рябины, соответственно при повторении опытов наибольший процент гусениц все равно концентрировался на наиболее благоприятном из участвующих в эксперименте растений – на дубе черешчатом, хотя число гусениц, избравших то кормовое растение, на котором питалось весь первый возраст, достоверно возросло.

Следовательно, у части особей возникла пищевая настроенность на новый вид корма и появилась пищевая избирательность именно данного, пусть и непривычного корма уже через несколько дней после питания предлагаемым видом корма. Дубовый шелкопряд – олигофаг, в литературе приводятся примеры выработки пищевой индукции поведения в основном у полифагов [4; 5], причем отмечается быстрая адаптация гусениц полифагов к новым кормовым растениям.

Пояснение к таблице: в табл. 1 дано количественное распределение гусениц (в процентах от их общего числа) по двум растениям, участвовавшим в опыте. Одно из них, дуб черешчатый, имелось во всех опытах и служило единицей сравнения.

О скорости выработки пищевых адаптаций у олигофагов данных практически нет. У олигофага – репной белянки даже непродолжительное питание гусениц на каком-либо одном виде растения способствует в дальнейшем выбору только этого корма [6]. А, по данным В.И. Кузнецова [7], у олигофагов – пушистого и кольчатого шелкопрядов и малого ночного павлиньего глаза – гусеницы пищевую настроенность проявляют только в IV–V возрастах, а у олигофага *Biston hirtarius* Cl. гусеницы выкармливались на дубе и иве, обе группы, как ивовая, так и дубовая, в опыте на избирательность предпочитали иву.

Данные наших опытов (табл. 1) по изучению пищевой избирательности у гусениц II возраста позволяют сделать вывод, что трофическая индукция у гусениц младших возрастов дубового шелкопряда выражена слабо и растения по степени убывания предпочтения гусеницами можно расположить в таком порядке: береза, ива, лещина, рябина.

Что касается яблони и ольхи, то гусеницам второго возраста, воспитанным на дубе, опять предлагались листья яблони, и они отказались от их поедания. Отношение гусениц к листу ольхи серой очень своеобразно и интересно: гусеницы вначале охотно поедали лист ольхи, затем происходило замедление питания, линька сопровождалась повышенной смертностью, а оставшиеся после линьки гусеницы в опыте перешли к питанию листом дуба вместо ольхи, т.е. у них выработалась индукция отвергания нового вида пищи в виде классического условного рефлекса с отрицательным подкреплением. У гусениц пятого возраста, согласно данным табл. 1, избирательность того растения, на котором они воспитывались от рождения, выражена уже достаточно четко, сильнее, чем во II возрасте, но какие-то химические, а возможно, и физиологические составляющие листа таких кормовых растений, как лещина и рябина, заставляют большинство гусениц предпочитать лист дуба вместо листа этих растений.

Таблица 1

**Изменение избирательной способности гусениц дубового шелкопряда к кормовым растениям в зависимости от возраста**

Сравниваемые растения	Число гусениц на сравниваемом растении, %	Число гусениц на дубе, %	Число повторностей	Число гусениц в повторности
Только что отродившиеся гусеницы				
Береза	16,0	84,0	3	20
Ива	10,0	90,0	3	20
Лещина	6,0	94,0	3	20
Рябина	4,0	96,0	3	20
Яблоня	0	100	3	20
Ольха	20,0	80,0	3	20
Гусеницы II возраста				
Береза	30,0	70,0	3	20
Ива	20,0	80,0	3	20
Лещина	14,0	96,0	3	20
Рябина	9,0	91,0	3	20
Яблоня*	0	100	3	20
Ольха	0	100	3	20
Гусеницы V возраста				
Береза	80,0	20,0	3	20
Ива	70,0	30,0	3	20
Лещина	33,4	66,6	3	20
Рябина	20,0	80,0	3	20
Яблоня*	0	100	3	20
Ольха**	0	100	3	20

**Примечание:** \* – лист яблони в вариантах опыта «Гусеницы I и V возрастов» предлагался гусеницам, воспитанным от рождения на дубе, так как гусеницы отказались от питания листом яблони в I возрасте; \*\* – лист ольхи предлагался гусеницам V возраста, воспитанным от рождения на дубе, так как гусеницы при питании листом ольхи погибли к концу II возраста.

Только к березе и иве у большинства гусениц выработалось привыкание к новому виду корма или появилась в результате обучения индукция пищевого предпочтения. Как видим, индукция пищевого или трофического предпочтения зависит от вида кормового растения и, очевидно, обусловлена, в первую очередь, его

биохимическим составом. Изучение трофической избирательности у гусениц дубового шелкопряда в пятом возрасте полностью подтвердило начавшееся у гусениц младших возрастов распределение предлагаемых растений в убывающем порядке соответственно их свойствам, а именно: береза, ива, лещина, рябина.

Индукция трофического поведения или пищевая избирательность гусениц дубового шелкопряда наиболее четко проявляется при питании листом березы и ивы, в наименьшей степени – при питании лещиной и рябиной. От питания листом ольхи и яблони гусеницы в пятом возрасте полностью отказались, так как в этом случае они воспитывались перед тем, как им предложили лист ольхи и рябины, только на дубе, то в данном случае гусеницы продемонстрировали 100,0% индукцию пищевого предпочтения к привычному и предпочитаемому кормовому растению – дубу черешчатому.

Таким образом, у олигофага – дубового шелкопряда пищевая избирательность вырабатывается постепенно и наиболее достоверно пищевое поведение гусениц изменяется в сторону предпочтения привычного корма лишь к концу гусеничной стадии развития. Не на всех предлагаемых растениях обучение идет одинаково успешно.

Лишь на березе и иве у большинства гусениц V возраста наиболее ярко проявляется модификация трофического поведения под влиянием индивидуального опыта питания. Она выражается в том, что гусеницы в опыте выбирают для дальнейшего питания лист привычного растения, к этому листу у них уже выработалась определенная настроенность пищеварительной и детоксикационной систем, и смена привычного, пусть и не самого лучшего корма, может привести к дополнительным энергетическим затратам.

У гусениц березового шелкопряда выработка привыкания к новому кормовому растению в ходе онтогенеза проходила более быстрыми темпами, чем у гусениц дубового шелкопряда, а круг растений, к которым вырабатывалось пищевое предпочтение, расширился (табл. 2). Так, гусеницы березового шелкопряда более охотно поедают лист лещины и рябины, и к пятому возрасту у них проявляется четко выраженное изменение в поведении, заключающееся в предпочтительном потреблении именно листа лещины после предшествующего питания им от рождения. У гусениц, только что отродившихся, и даже у гусениц второго возраста, уже питавшихся листом лещины, все еще большее их число предпочитает лист дуба (табл. 2).

Таким образом, если у гусениц дубового шелкопряда индукция трофического поведения встречается только к двум кормовым растениям – березе и иве, то у гусениц березового шелкопряда к трем: березе, иве и лещине.

Таблица 2

**Изменение избирательной способности гусениц березового шелкопряда  
к кормовым растениям в зависимости от возраста**

Сравниваемые растения	Число гусениц на сравниваемом растении, %	Число гусениц на дубе, %	Число повторностей	Число гусениц в повторности
Только что отродившиеся гусеницы				
Береза	50,0	30,0	3	10
Ива	20,0	80,0	3	10
Лещина	26,6	74,3	3	10
Рябина	10,0	90,0	3	10
Яблоня	6,6	93,4	3	10
Ольха	10,0	90,0	3	10
Гусеницы II возраста				
Береза	56,7	43,6	3	10
Ива	33,3	66,7	3	10
Лещина	33,3	66,7	3	10
Рябина	10,0	90,0	3	10
Яблоня	6,6	93,4	3	10
Ольха*	0	100	3	10
Гусеницы V возраста				
Береза	83,3	16,7	3	10
Ива	80,0	20,0	3	10
Лещина	66,6	33,4	3	10
Рябина	30,0	70,0	3	10
Яблоня	20,0	80,0	3	10
Ольха*	0	100	3	10

**Примечание:** \* – лист ольхи предлагался гусеницам в вариантах опыта «Гусеницы II и V возрастов», воспитанным на дубе, т.к. гусеницы, питавшиеся листом ольхи, погибли в I возрасте.

В отношении растений семейства розоцветных – яблони и рябины трофическое поведение гусениц березового шелкопряда сходно с поведением гусениц дубового шелкопряда. Минимальное количество только что отродившихся гусениц выбрало в качестве корма эти растения, число таких гусениц несколько увеличилось с возрастом (табл. 2), но все равно и в пятом возрасте подавляющее большинство гусениц предпочитало питаться листом дуба вместо листа яблони и рябины при возможности выбора. Но в отличие от гусениц дубового, которые вообще отказались питаться листом яблони, часть гусениц березового шелкопряда приспособились к питанию листом этого кормового растения, и в пятом возрасте около 20,0% гусениц были индуцированы на питание листом яблони, т.е. спектр кормовых растений, на котором возможно развитие гусениц, у олигофага – березового шелкопряда шире, чем у олигофага – дубового шелкопряда. Что касается питания листом ольхи серой, то здесь реакция гусениц березового шелкопряда почти идентична реакции гусениц дубового. У гусениц березового шелкопряда при питании листом ольхи очень быстро проявляются симптомы отравления, и они погибают в конце I возраста или в момент линьки на второй возраст. В дальнейших опытах с гусеницами II и V возрастов (табл. 2) они полностью отказывались от питания листом ольхи, хотя только что отродившиеся гусеницы в небольшом количестве (10,0%), но выбирали ольху в качестве кормового растения. Следует отметить, что гусеницы II и V возрастов, участвующие в опытах с ольхой, воспитывались перед опытом на дубе, и в опытах предпочитали то кормовое растение, на котором уже питались, т.е. проявляли ярко выраженную индукцию трофического поведения по отношению к дубу, легко и быстро вырабатываемую.

Предпочтительное потребление листа березы также легко вырабатывается у гусениц березового шелкопряда, как и в случае питания листом дуба, уже во втором возрасте число гусениц, предпочитающих лист березы по сравнению с листом дуба, достигает 57,0%. По степени убывания индукции трофического поведения у гусениц березового шелкопряда предлагаемые кормовые растения располагаются следующим образом: береза, ива, лещина, рябина, яблоня.

У полифага – непарного шелкопряда только что отродившиеся гусеницы в парных тестах тоже выбрали преимущественно лист дуба черешчатого (табл. 3), но уже начиная со II возраста у них вырабатывается предпочтительное потребление листа тех кормовых растений, на которых они уже обитали в I возрасте, т.е. индукция трофического поведения у гусениц непарного шелкопряда выработалась уже в I возрасте, а во втором проявилась быстро и определенно. К пятому возрасту число гусениц, выбравших то кормовое растение, на котором уже развивались от рождения, еще несколько увеличилось, и общая тенденция более быстрого обучения гусениц полифага, по сравнению с гусеницами олигофагов, прослеживается четко. Кроме этого, гусеницы непарного шелкопряда потребляли лист всех кормовых пород, которые им предлагались в опыте, даже лист ольхи серой, хотя показатели индукции трофического поведения гусениц на этом растении самые низкие и привыкания к питанию листом ольхи у гусениц непарника не произошло. Большинство гусениц даже в V возрасте предпочитало лист дуба, хотя от рождения они воспитывались на ольхе серой. По степени предпочтительности для гусениц непарного шелкопряда предлагаемые растения можно расположить в следующий ряд: яблоня, береза, ива, рябина, лещина, ольха.

Таблица 3

**Изменение избирательной способности гусениц непарного шелкопряда к кормовым растениям в зависимости от возраста**

Сравниваемые растения	Число гусениц на сравниваемом растении, %	Число гусениц на дубе, %	Число повторностей	Число гусениц в повторности
Только что отродившиеся гусеницы				
Береза	25,0	30,0	3	20
Ива	22,5	80,0	3	20
Лещина	15,0	73,4	3	20
Рябина	27,5	90,0	3	20
Яблоня	35,0	93,4	3	20
Ольха	10,0	90,0	3	10
Гусеницы II возраста				
Береза	57,5	42,5	3	20
Ива	55,0	45,0	3	20
Лещина	67,5	32,5	3	20
Рябина	62,5	37,5	3	20
Яблоня	77,5	22,5	3	20
Ольха	20,0	80,0	3	20

Окончание табл. 3

Гусеницы V возраста				
Береза	80,0	20,0	3	20
Ива	77,5	22,5	3	20
Лещина	62,5	37,5	3	20
Рябина	65,0	35,0	3	20
Яблоня	82,5	17,5	3	20
Ольха	20,0	80,0	3	20

Итак, согласно нашим данным, круг кормовых растений у полифага – непарного шелкопряда достоверно расширяется по сравнению с олигофагами – дубовым и березовым шелкопрядами, а скорость выработки индукции трофического поведения выше, или, иначе, период времени, необходимый для появления пищевой избирательности, у гусениц полифага намного короче, чем у олигофагов.

Выявленное распределение растений в зависимости от предпочтительности их гусеницами олиго- и политрофных чешуекрылых вызвало необходимость изучения влияния кормового растения на развитие гусениц. Данные по основным характеристикам развития гусениц на разных кормовых растениях суммированы в табл. 4.

Таблица 4

**Показатели развития дубового, березового и непарного шелкопрядов  
на разных кормовых растениях**

Вид растения	Продолжительность развития гусениц, сут.	Жизнеспособность гусениц, %	Масса гусениц перед окукливанием, г	Масса куколок, г	Фактическая плодовитость, шт.
<b>Дубовый шелкопряд</b>					
Береза	60,1±4,35	63,2±2,80	13,4±0,47	5,9±0,10	188,8±15,10
Ива	62,4±1,25	59,3±4,15	10,1±0,85	4,5±0,11	149,5±13,18
Лещина	69,3±1,47	42,0±4,45	6,9±0,95	4,1±0,13	101,5±9,15
Рябина	76,0±2,18	21,6±1,25	4,9±0,45	3,5±0,33	70,2±2,45
Яблоня	5,2±0,12	0 (гибель в I возрасте)	–	–	–
Дуб (контроль)	55,1±3,16	70,3±2,30	12,9±0,77	5,5±0,37	178,2±12,13
<b>Березовый шелкопряд</b>					
Береза	31,3±1,85	79,3±2,10	1,5±0,07	0,9±0,01	215,2±10,80
Ива	36,7±2,10	70,2±1,71	1,3±0,08	0,8±0,01	190,9±11,20
Лещина	39,6±1,45	60,3±3,18	1,1±0,10	0,7±0,01	160,4±18,25
Рябина	43,3±3,15	46,1±2,55	0,9±0,03	0,6±0,02	105,6±7,30
Яблоня	48,4±3,20	27,8±2,10	0,7±0,05	0,5±0,02	73,7±2,80
Дуб (контроль)	29,8±1,40	83,0±3,20	1,8±0,11	1,1±0,01	235,2±10,15
<b>Непарный шелкопряд</b>					
Береза	56,5±0,95	50,7±1,56	1,2±0,05	0,8±0,11	280,1±14,05
Ива	59,6±0,45	49,9±0,97	0,9±0,01	0,6±0,02	260,7±9,14
Лещина	62,3±1,10	42,2±2,15	0,7±0,03	0,5±0,01	190,5±14,24
Рябина	52,1±0,81	54,9±2,33	1,3±0,03	1,0±0,05	300,9±18,30
Яблоня	49,7±0,82	58,2±1,95	1,7±0,04	1,3±0,06	320,6±16,45
Ольха	69,5±0,15	17,3±0,95	0,5±0,01	0,3±0,01	146,6±8,10
Дуб (контроль)	47,2±0,63	64,3±2,87	2,2±0,05	1,6±0,06	364,9±15,31

Данные табл. 4 показывают значительную требовательность насекомых к кормовым растениям. Даже близкие по предпочтительности растения различаются по длительности развития, массе и жизнеспособности гусениц, массе куколок и фактической плодовитости имаго. Сравнение приведенных в табл. 4 величин для гусениц дубового шелкопряда свидетельствует, что использованные в опыте растения можно условно разделить на три группы:

1. Растения – береза, ива, на которых развитие гусениц протекает более или менее нормально и характеризуется коротким периодом питания (60–62 суток), высокой жизнеспособностью (63,0–59,0%) и интенсивным ростом, выражающимися в высокой массе гусениц и куколок (13–10 г, 6–5 г) и высокой плодовитостью бабочек (180–150 экз.).

2. Растения – лещина, рябина, на которых полное развитие гусениц возможно, но сопровождается оно сильной депрессией, выражающейся в замедлении развития (70–76 суток), низкой жизнеспособностью (40–20%) и ослабленном росте: масса гусениц – 7–5 г, масса куколок – 4–3 г соответственно (табл. 4).

3. Растение – яблоня, на которой не наблюдалось полного развития полного цикла и гусеницы почти не питались и погибли в I возрасте.

Если сравнить порядок предпочтительности растений гусеницами дубового шелкопряда, приведенный в табл. 1, с порядком их в табл. 4, то видно, что степень предпочтительности растения прямо соответствует эффекту, производимому данным растением на развитие. И в том, и в другом случае кормовые растения располагаются по степени убывания оптимальности для поедания, роста и развития гусениц в следующем порядке: береза – ива – лещина – рябина – яблоня.

Для березового шелкопряда к растениям первой группы, согласно данным табл. 4, относятся береза, ива и лещина. Именно на этих растениях развитие березового шелкопряда характеризуется наиболее оптимальными параметрами сроков развития, накопления биомассы, жизнеспособности гусениц и плодовитости имаго.

К растениям второй группы следует отнести рябину и яблоню, так как питание гусениц листом этих растений приводит насекомых к депрессии, выражающейся в снижении темпов роста гусениц и плодовитости имаго почти в 2 раза по сравнению с развитием березового шелкопряда на растении первой группы – березе и с контролем – воспитанием гусениц на дубе, где оптимум питания сопровождается наибольшей интенсивностью всех жизненных процессов.

Растений третьей группы среди исследуемых в опыте для березового шелкопряда не обнаружено.

Согласно нашим данным, в условиях северо-востока Беларуси березовый шелкопряд является широким олигофагом, хотя о широте трофических связей этого вида имеются противоречивые сведения. Так, И.В. Кожанчиков [8] считает березового шелкопряда полифагом, а Ю.И. Гниненко [9] – узким олигофагом. Предпочтительность кормовых растений гусеницами березового шелкопряда, выявленная в опытах по изучению индукции трофического поведения (табл. 2), согласуется с данными об эффективности развития этого насекомого на вышеуказанных растениях (табл. 4) и выражается следующей последовательностью по степени влияния на процесс роста и развития от оптимума до пессимума: береза – ива – лещина – рябина – яблоня.

Непарный шелкопряд имеет совершенно другую последовательность расположения тех же видов кормовых растений в зависимости от их влияния на процессы жизнедеятельности насекомого.

Если у олигофагов по степени благоприятствования для развития на первом месте стоит береза, а на последнем – яблоня, у непарного – яблоня на первом месте, а береза только на третьем (табл. 4). К первой, наиболее оптимальной по условиям питания группе растений для непарного шелкопряда, таким образом, относятся розоцветные – яблоня и рябина: сроки развития и жизнеспособность и масса гусениц, куколок при питании на этих растениях в наибольшей степени приближаются к контрольным, характерным для развития непарного шелкопряда на дубе (табл. 4).

Ко второй группе растений, питание на которых сопровождается различной степенью депрессии и позволяет завершить жизненный цикл, можно отнести следующие растения: береза, ива, лещина, ольха и, следовательно, ряд растений от оптимума питания до ярко выраженного пессимума у непарного шелкопряда выглядит так: яблоня – рябина – береза – ива – лещина – ольха. Такой же ряд растений образуется на основе данных по изучению избирательной способности гусениц непарного шелкопряда к кормовым растениям (табл. 3). Влияние растений, вызывающих ту или иную степень депрессии, т.е. таких растений, как береза, ива, лещина, ольха, выразилось в удлинении периода развития и понижении жизнеспособности гусениц, уменьшении плодовитости самок (табл. 4).

Резюмируя все вышеуказанное, отметим, что круг растений, на которых возможно развитие дубового шелкопряда, самый узкий, пищевые адаптации к новым кормовым растениям у него вырабатываются медленнее, чем у березового и непарного шелкопряда. По данным наших исследований дубового шелкопряда можно отнести к узким олигофагам. Березового шелкопряда на основании полученных данных можно отнести к широким олигофагам. Широта трофических связей непарного шелкопряда изучена достаточно хорошо [10]. В наших экспериментах его излюбленным кормовым растением был дуб черешчатый, в Сибири предпочитаемыми растениями являются ива корзиночная, береза повислая [4], он достаточно эффективно питается хвойными породами [11] и в целом способен потреблять более 600 видов растений из разных порядков [12].

Но и у широкого полифага – непарного шелкопряда выявлена четко выраженная ранжированность кормовых пород по их влиянию на интенсивность жизненных процессов, которая совпадает с избирательностью гусениц по отношению к этим породам. То есть более депрессивное растение избирается и меньшим количе-

ством гусениц в парных опытах по изучению избирательной способности гусениц при освоении ими нового кормового растения (табл. 3). Скорость выработки привыкания к новым кормовым растениям у широкого полифага – непарного шелкопряда очень высока, в 5–6 раз выше, чем у олигофагов – дубового и березового шелкопрядов (если сравнить время, за которое появляется пищевая настроенность на новое кормовое растение у непарника, с временем, затраченным на выработку трофической индукции у дубового и березового шелкопрядов (табл. 1–3).

**Заключение.** Перечень растений, на которых возможно развитие дубового шелкопряда, самый узкий, пищевые адаптации к новым кормовым растениям у него вырабатываются медленнее, чем у березового и непарного шелкопрядов, следовательно, дубового шелкопряда можно отнести к узким олигофагам. Березового шелкопряда на основании полученных данных можно отнести к широким олигофагам, непарного – к широким полифагам. Но и у широкого полифага – непарного шелкопряда выявлена четко выраженная ранжированность кормовых пород по их влиянию на интенсивность жизненных процессов, которая совпадает с избирательностью гусениц по отношению к этим породам. То есть более депрессивное растение избирается и меньшим количеством гусениц в парных опытах по изучению избирательной способности гусениц при освоении ими нового кормового растения. Скорость выработки привыкания к новым кормовым растениям у широкого полифага – непарного шелкопряда очень высока, в 5–6 раз выше, чем у олигофагов – дубового и березового шелкопрядов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кожанчиков, И.В. Условия возникновения биологических рас у *Gastroidea iridula* Geg. (Coleoptera, Chrysomelidae) / И.В. Кожанчиков // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1941. – Т. 6, вып. 4. – С. 16–32.
2. Реморов, В.В. Формирование пищевых предпочтений у некоторых гусениц фитофагов на разных этапах развития / В.В. Реморов // в сб. науч. ст.: Ориентация насекомых и клещей. – Томск: Изд-во ТГУ, 1984. – С. 118–123.
3. Резник, С.Я. Обучение в пищевой избирательности насекомых / С.Я. Резник. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 260 с.
4. Баранчиков, Ю.Н. Трофическая специализация чешуекрылых / Ю.Н. Баранчиков. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1987. – 171 с.
5. Фролов, А.Н. Особенности дифференциации популяций стеблевого мотылька в географическом и пищевом аспектах / А.Н. Фролов // Бюл. Всесоюз. НИИ защиты растений. – 1982. – № 53. – С. 29–33.
6. Hovanitz, W. Change of food plant preference by larvae of *Pteris rapae* controlled by strain selection and inheritance of this trait / W. Hovanitz, V.C.S. Chang // J. Res. Lepid. – 1963. – Vol. 1. – P. 163–168.
7. Кузнецов, В.И. Вопросы приспособления чешуекрылых к новым пищевым условиям / В.И. Кузнецов // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – 1952. – Т. 11. – С. 166–181.
8. Кожанчиков, И.В. Отряд Lepidoptera – чешуекрылые или бабочки / И.В. Кожанчиков // Вредители леса: справочник. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – Т. 1. – С. 35–285.
9. Гниненко, Ю.И. Биология березового шелкопряда в условиях Южного Зауралья / Ю.И. Гниненко // Вестник зоол. – 1983. – Вып. 2. – С. 75–76.
10. Резникова, Ж.И. Эволюция коммуникации у муравьев: наследственные и приобретенные «языки» / Ж.И. Резникова // Проблемы микроэволюции: сб. науч. тр. – М.: Наука, 1988. – С. 137–138.
11. Ильинский, А.И. Непарный шелкопряд и меры борьбы с ним / А.И. Ильинский. – М.: Гослесбумиздат, 1959. – 69 с.
12. Leonard, D.E. Recent developments in ecology and control of the gypsy moth / D.E. Leonard // Ann. Rev. Entomol. – 1974. – Vol. 19. – P. 84–102.

#### REFERENCES

1. Kozhanchikov I.V. *Trudi in-ta zool. AN SSSR* [Works of the Institute of Zoology of the USSR Academy of Sciences], 1941, 6, (4), pp. 16–32.
2. Remorov V.V. *Sb. nauch. st.: Oriyentatsiya nasekomykh i kleshchei* [Collection of Scientific Articles: Orientation of Insects and mites], Tomsk, Izd-vo TGU, 1984, pp. 118–123.
3. Reznik S.Ya. *Obucheniye v pishchevoi izbiratelnosti nasekomykh* [Teaching Fodder Selectivity of Insects], SPb., Gidrometeoizdat, 1993, 260 p.
4. Baranchikov Yu.N. *Troficheskaya spetsializatsiya cheshuyekrylykh* [Trophology Specialization of Lepidoptera], Krasnoyarsk, IliD SO AN SSSR, 1987, 171 p.
5. Frolov A.N. *Bul. Vsesoyuz. NII zashchity rastenii* [Bulletin of the Union Research Institute of Plant Protection], 1982, 53, pp. 29–33.
6. Hovanitz, W. Change of food plant preference by larvae of *Pteris rapae* controlled by strain selection and inheritance of this trait / W. Hovanitz, V.C.S. Chang // J. Res. Lepid. – 1963. – Vol. 1. – P. 163–168.
7. Kuznetsov V.I. *Trudi in-ta zool. AN SSSR* [Works of the Institute of Zoology of the USSR Academy of Sciences], 1952, 11, pp. 166–181.
8. Kozhanchikov I.V. *Vrediteli lesa. Spravochnik* [Forest Pests. Directory], M.–L., Izd-vo AN SSSR, 1955, 1, pp. 35–285.
9. Gninenko Yu.I. *Vestnik zool.* [Journal of Zoology], 1983, 2, pp. 75–76.
10. Reznikova Zh.I. *Problemi mikroevolutsii: sb. nauch. tr.* [Issues of Microevolution. Collection of Works], M., Nauka, 1988, pp. 137–138.
11. Ilyinski A.I. *Naparni shelkopriadi i meri borbi s nim* [Gypsy Moth and Measures to Fight It], M., Goslesbumizdat, 1959, 69 p.
12. Leonard, D.E. Recent developments in ecology and control of the gypsy moth / D.E. Leonard // Ann. Rev. Entomol. – 1974. – Vol. 19. – P. 84–102.

Поступила в редакцию 24.11.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: kzoolog@vsu.by – Денисова С.И.



# ПЕДАГОГІКА

УДК 376.1-056.36:371.39

## Специфика подготовки младших школьников с интеллектуальной недостаточностью к овладению письменной речью

Н.И. Бумаженко, М.В. Швед, Е.П. Ладик

Учреждение образования «Витебский государственный университет  
имени П.М. Машерова»

*В статье представлены результаты эмпирического исследования предпосылок развития письменной речи у учащихся вспомогательной школы.*

*Цель статьи – изучить особенности сформированности начальных составляющих письменной речи младших школьников с интеллектуальной недостаточностью.*

**Материал и методы.** Экспериментальное исследование проводилось в ГУО «Вспомогательная школа № 26 г. Витебска». В нем приняло участие 10 младших школьников с интеллектуальной недостаточностью (1 класс). Для реализации поставленной цели использовался комплекс диагностических методик: «Методика изучения фонематического слуха» (М.Ф. Фомичева), «Методика изучения звукопроизношения» (Г.В. Чиркина), «Методика изучения зрительного восприятия и пространственной ориентировки» (А.П. Воронова), «Пробы изучения уровня развития функций кистей и пальцев рук» (Н.И. Озерецкий). Каждому испытуемому предлагался для выполнения один и тот же набор заданий в сходных условиях (наедине с экспериментатором, в полной тишине), что позволило обеспечить объективность оценки результатов.

**Результаты и их обсуждение.** Исследование звукопроизношения младших школьников с интеллектуальной недостаточностью производилось при помощи «Методики изучения звукопроизношения», которая показала, что только у 10% испытуемых не наблюдается нарушений произношения. «Методика изучения фонематического слуха» выявила наличие специфических особенностей фонематического слуха младших школьников с интеллектуальной недостаточностью: при воспроизведении слоговых сочетаний из легких для произнесения звуков [па – ба – па] и т.д. возникли затруднения при повторении групп слогов у 100% испытуемых. Это свидетельствует о неправильном восприятии слогов с оппозиционными звуками. Анализ результатов исследования зрительно-пространственной ориентировки в области реконструирования букв показал, что в полном объеме с заданием не справился ни один испытуемый. Методика «Пробы изучения уровня развития функций кистей и пальцев рук» продемонстрировала, что у 70% учащихся отмечается недостаточность мелкой моторики, у 30% младших школьников имеется моторная неразвитость.

**Заключение.** Результаты экспериментального исследования показали, что даже после окончания добукварного периода обучения грамоте у учащихся данной категории наблюдается качественное своеобразие компонентов психики, являющихся базой для овладения письменной речью. Выявленные особенности могут быть полезными в учебно-воспитательном процессе, а также при составлении коррекционно-развивающих программ для обозначенной категории детей.

**Ключевые слова:** интеллектуальная недостаточность, предпосылки письменной речи, грамота.

# Specifics of Training Younger Schoolchildren with Intellectual Insufficiency to Mastering Written Speech

N.I. Bumazhenko, M.V. Shved, E.P. Ladik

*Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»*

*The article presents the results of an empirical study of the prerequisites for the development secondary school students' written speech.*

*The purpose of the article is to study the features of shaping the initial components of younger students with intellectual disabilities writing.*

**Material and methods.** *A pilot study was conducted at «Special School № 26 of the City of Vitebsk». It was attended by 10 younger students with intellectual disabilities (1st year). To achieve this goal we have used a complex of diagnostic methods: «Methods of study of phonemic hearing» (M.F. Fomicheva), «Methods of study of defects» (G.V. Chirkina), «Methodology for the study of visual perception and spatial orientation» (A.P. Voronov), «Sample study of the level of development of the functions of hands and fingers» (N.I. Ozeretski). Each subject was offered to perform the same set of tasks in similar conditions (with the experimenter, in complete silence), which made it possible to ensure the objectivity of the evaluation of the results.*

**Findings and their discussion.** *The study of sound reproduction of younger students with intellectual disabilities was carried out with the help of «Methods of studying sound reproduction», which showed that only 10% of the subjects did not have pronunciation disorders. «Methods of study of phonemic hearing» revealed the presence of specific features of phonemic hearing of younger schoolchildren with intellectual insufficiency: when playing syllabic combinations from the lungs to pronounce sounds [PA – BA – PA], etc. 100% of the subjects had difficulties with the repetition of groups of syllables. This indicates the wrong perception of syllables with the opposition sounds. Analysis of the results of the study of visual and spatial orientation in the field of reconstruction of letters showed that none coped with the task. The technique of «Sample of studying the level of development of the functions of hands and fingers» showed that 70% of students lack fine motor skills, 30% of younger students have underdeveloped motor skills.*

**Conclusion.** *The results of the experimental study showed that even after the end of the pre-school period of teaching literacy students of this category have qualitative originality of the components of the psyche, which are the basis for mastering written speech. The identified features can be useful in the educational process, as well as in creating correctional and developmental programs for this category of children.*

**Key words:** *intellectual insufficiency, prerequisites of written speech, reading and writing.*

Обучению грамоте учащихся с интеллектуальной недостаточностью принадлежит важная роль в коррекционно-развивающем процессе. Практическое ознакомление со звуковой стороной речи является базой для овладения чтением, а потом и письмом, которое построено по звуко-буквенному принципу [1].

Необходимые предпосылки для обучения грамоте, а именно сформированное фонематическое восприятие, правильное произношение всех звуков родного языка, а также наличие элементарных навыков звукового анализа, формируются к концу старшего дошкольного возраста у детей без нарушений речи. К концу указанного возрастного периода ребенок достигает высокого уровня развития речи. Он правильно произносит все звуки, отчетливо и ясно воспроизводит слова, имеет необходимый для свободного общения словарный запас, правильно пользуется многими грамматическими формами и категориями, владеет связной речью на основе постоянного обогащения словарного запаса и систематической работы над грамматическим строем языка.

Нарушение деятельности анализаторов и психических процессов у детей с интеллектуальной недостаточностью приводит к неполноценности психофизиологической базы формирования письменной речи. Поэтому первоклассники испытывают затруднения при овладении всеми операциями и действиями, которые входят в процессы чтения и письма (Л.Г. Аленкуц, Л.Е. Журова, Р.Е. Левина, Е.А. Логинова, И.Н. Садовникова, С.А. Селиванова и др.).

В методике формирования навыков чтения и письма школьников с интеллектуальной недостаточностью практический компонент формирования начальных составляющих письменной речи в добукварный период обучения грамоте еще недостаточно разработан. Необходимость исследования данной проблемы обусловлена ее значимостью в научно-теоретическом и методическом планах.

Цель статьи – изучить особенности сформированности начальных составляющих письменной речи младших школьников с интеллектуальной недостаточностью.

**Материал и методы.** Экспериментальное исследование проводилось в ГУО «Вспомогательная школа № 26 г. Витебска». В нем приняло участие 10 младших школьников с интеллектуальной недостаточностью (1 класс).

Для реализации поставленной цели использовался комплекс диагностических методик: «Методика изучения фонематического слуха» (М.Ф. Фомичева), «Методика изучения звукопроизношения» (Г.В. Чиркина), «Ме-

тодика изучения зрительного восприятия и пространственной ориентировки» (А.П. Воронова), «Пробы изучения уровня развития функций кистей и пальцев рук» (Н.И. Озерецкий). Каждому испытуемому в сходных условиях предлагался для выполнения один и тот же набор заданий (наедине с экспериментатором, в полной тишине), что позволило обеспечить объективность оценки результатов.

«Методика изучения фонематического слуха» направлена на исследование слуховой дифференциации звуков и состоит из 6 заданий. Для проведения эксперимента используются наборы изображений предметов (картинки) и слов. Результаты выполнения исследователь фиксирует в протоколе.

«Методика изучения звукопроизношения» состоит в анализе особенностей произносительной стороны речи детей. Экспериментатор просит ребенка внимательно послушать и произнести слова и предложения. Сначала предъявляются звуки, резко отличающиеся друг от друга артикуляцией, затем — более близкие. Отбираются слова различной слоговой структуры. Результаты фиксируются в протоколе.

«Методика изучения зрительного восприятия и пространственной ориентировки» применяется для выявления состояния знаний и навыков в области зрительного восприятия и пространственной ориентировки. Экспериментатор предлагает 6 заданий: ребенку необходимо воспроизвести 4 варианта расположения фигур, изобразить предъявленную фигуру по представлению, составить фигуру из палочек по памяти, сконструировать буквы печатного шрифта, реконструировать буквы печатного шрифта. Результаты фиксируются в протоколе.

Методика «Пробы изучения уровня развития функций кистей и пальцев рук» заключается в исследовании уровня развития функций кистей и пальцев рук. В методику обследования тонкой моторики рук включены пробы Н.И. Озерецкого, ряд нейропсихологических методик А.Р. Лурия, модифицированных с учетом возраста и особенностей изучаемого нами контингента детей (всего 20 проб). Результаты фиксируются в протоколе.

**Результаты и их обсуждение.** Исследование звукопроизношения младших школьников с интеллектуальной недостаточностью производилось с помощью «Методики изучения звукопроизношения», которая показала, что только у 10% испытуемых нет нарушений произношения. Например, Екатерина З. произнесла верно все слова и предложения. У 27% детей наблюдается нарушение произношения двух звуков. Так, у Владислава Л. нарушение произношения звуков [р], [ж]: «Змея шипит, а зук зузит; твактор». У Жени М. нарушено произношение звуков [с], [ж]: «Зоня завязывает зиний бант. Зук зузит».

У 27% первоклассников отмечаются нарушения в произношении трех звуков. Например, у Вячеслава К. выявлено нарушение произношения шипящих звуков [ш], [ж] и свистящего звука [з]: «Змея сипит, а зук зузит; стрекоса».

Существенные нарушения звукопроизношения наблюдаются у 36% младших школьников с интеллектуальной недостаточностью (нарушено звукопроизношение четырех и более звуков). Так, Даниил Х. неправильно произносит звуки: [ш], [ч], [у], [ж]: «Коска; в саше щебечут птицы; Жик жижжит».

При произношении предложений и слов у 100% испытуемых были отмечены пропуски слоговой структуры слов и звуконаполняемости. Например, Александр Л. произносил: «Коки, кисель из кюкы, катина, казина, кекеза, елиционер» (у кошки, кисель из клюквы, корзина, стрекоза). У 10% младших школьников с интеллектуальной недостаточностью были отмечены привнесения в звуковую структуру слов. Например, Максим Д. произнес «корабер» вместо «корабль».

Анализ полученных данных показал, что произносительная сторона речи нарушена в той или иной степени у всех первоклассников с интеллектуальной недостаточностью и является одной из причин трудностей овладения ими письменной речью. Наибольшие затруднения возникают у детей данной категории при передаче слоговой структуры слова и его звуконаполняемости (рис. 1).

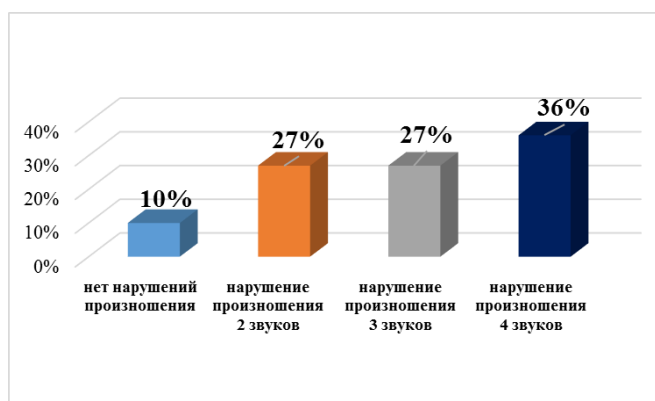


Рис. 1. Качество произносительной стороны речи первоклассников с интеллектуальной недостаточностью (в %)

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием G критерия знаков [2]. Так как критическое значение  $G=4$  (при  $p=0,01$ ), а эмпирическое значение  $G=3,5$ , то, согласно формуле  $G_{эмп} \leq G_{кр}$ , полученные данные могут считаться статистически достоверными.

«Методика изучения фонематического слуха» показала наличие специфических особенностей фонематического слуха младших школьников с интеллектуальной недостаточностью. Так, при воспроизведении слоговых сочетаний из легких для произнесения звуков [па – ба – па] и т.д. возникли затруднения при повторении групп слогов у 100% испытуемых. Данная ситуация свидетельствует о неправильном восприятии слогов с оппозиционными звуками.

Проведенный качественно-количественный анализ результатов изучения фонематического восприятия первоклассников с интеллектуальной недостаточностью позволил выделить следующие уровни развития фонематического восприятия по степени сформированности: высокий – развитие фонематического восприятия соответствует нормативным показателям, фонематический слух как предпосылка формирования письменной речи сформирован (0% испытуемых); средний – развитие фонематического восприятия не соответствует нормативным показателям, наблюдаются затруднения в дифференциации некоторых звуков (20% испытуемых); низкий – развитие фонематического восприятия существенным образом не соответствует нормативным показателям, наблюдается грубое недоразвитие дифференциации различных групп звуков (80% испытуемых) (рис. 2).

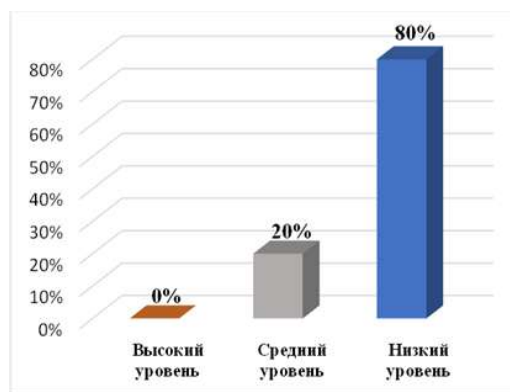


Рис. 2. Развитие фонематического восприятия первоклассников с интеллектуальной недостаточностью (в %)

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием G критерия знаков [2]. Так как критическое значение  $G=4$  (при  $p=0,01$ ), а эмпирическое значение  $G=3,5$ , то, согласно формуле  $G_{эмп} \leq G_{кр}$ , полученные данные могут считаться статистически достоверными.

Состояние зрительно-пространственной ориентировки у младших школьников с интеллектуальной недостаточностью проанализировано по следующим критериям:

1) наличие всех структурных компонентов. При выполнении задания рисования по образцу у 80% детей имеются все структурные компоненты. У 20% детей при рисовании фигуры по образцу отсутствует один структурный компонент: линия, которая соединяет треугольник с прямоугольником;

2) соответствие структурных компонентов при рисовании фигуры по образцу: у 70% испытуемых рисунок соответствует образцу. У 30% учащихся с интеллектуальной недостаточностью рисунок не соответствует образцу;

3) характер линий при рисовании по образцу и представлению: у 20% детей линии на рисунках сплошные; у 10% испытуемых прямые линии на рисунках; 20% учеников рисуют прямые и изогнутые линии; у 20% детей на рисунках преобладают прямые и кривые линии; у 20% испытуемых преобладают ломаные линии; у 10% первоклассников линии на рисунках прямые и ломаные;

4) размер, расположение на листе: размер рисунков и их расположение у 100% испытуемых не соответствовали образцу.

Анализ результатов исследования зрительно-пространственной ориентировки в области реконструирования букв показал, что в полном объеме с заданием не справился ни один испытуемый. 10% детей правильно реконструировали четыре буквы. Например, Екатерина З. правильно реконструировала «о» в «с», «х» в «у» и пр. 30% детей верно реконструировали три буквы. 10% младших школьников с интеллектуальной недостаточностью правильно переделали 2 буквы. Например, Вячеслав К. правильно реконструировал «о» в «с», переделал букву «у» из «х». 50% первоклассников с интеллектуальной недостаточностью правильно реконструировали одну букву. Например, Владислав Л. верно реконструировал только «о» в «с» (рис. 3).

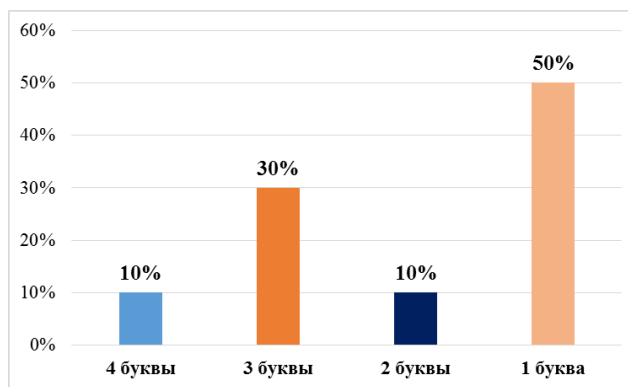


Рис. 3. Выполнение задания по реконструированию букв первоклассниками с интеллектуальной недостаточностью (в %)

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием G критерия знаков [2]. Так как критическое значение  $G=3$  (при  $p=0,01$ ), а эмпирическое значение  $G=2,8$ , то, согласно формуле  $G_{эм} \leq G_{кр}$ , полученные данные могут считаться статистически достоверными.

Методика «Пробы изучения уровня развития функций кистей и пальцев рук» показала, что неразвитость мелкой моторики отмечается у 70% младших школьников с интеллектуальной недостаточностью, у 30% испытуемых имеется моторная недостаточность.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием G критерия знаков [2]. Так как критическое значение  $G=4$  (при  $p=0,01$ ), а эмпирическое значение  $G=3,5$ , то, согласно формуле  $G_{эм} \leq G_{кр}$ , полученные данные могут считаться статистически достоверными.

Результаты экспериментального исследования показали, что даже после окончания добукварного периода обучения грамоте у учащихся обозначенной категории наблюдаются особенности формирования начальных составляющих письменной речи:

- наличие нарушений звукопроизношения;
- пропуски и привнесения в слоговой структуре слов и звуконаполняемости;
- низкий уровень развития фонематического восприятия;
- нарушение зрительно-пространственной ориентировки и конструирования реконструирования букв;
- относительная успешность при выполнении заданий при наличии образца в сравнении с заданиями, выполняемыми на уровне представлений;
- нарушение кинетической основы организации движений, оптико-пространственной координации, конструктивного праксиса, ритмичности, переключаемости, точности и дифференциации движений.

**Заключение.** Учет выявленных особенностей при организации уроков русского языка как в добукварный, так и в букварный период обучения грамоте является одним из условий реализации индивидуального подхода при обучении первоклассников с интеллектуальной недостаточностью письменной речи. Полученные результаты послужили основанием для разработки коррекционно-развивающей программы по формированию готовности младших школьников с интеллектуальной недостаточностью к овладению письменной речью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воронкова, В.В. Обучение грамоте и правописанию в 1–4 классах вспомогательной школы: пособие для учителя / В.В. Воронкова. – М.: Просвещение, 2004. – 102 с.
2. Сидоренко, Е.В. Методы математической обработки в психологии / Е.В. Сидоренко. – СПб.: ООО Речь, 2003. – 350 с.

#### REFERENCES

1. Voronkova V.V. *Obucheniye gramote i pravopisaniiyu v 1–4 klassakh vspomogatel'noi shkoli: Posobiye dlia uchitel'ia* [Teaching Reading and Writing in 1–4 Years of the Special School: Teacher's Book], Moscow, Prosveshcheniye, 2004, 102 p.
2. Sidorenko E.V. *Metodi matematicheskoi obrabotki v psikhologii* [Methods of Mathematical Processing in Psychology], SPb., OOO Rech, 2003, 350 p.

Поступила в редакцию 26.03.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: vit.conf@tut.by – Бумаженко Н.И.

УДК 371.7

## Формирование здоровьесберегающей культуры учащихся в рамках инновационного проекта «Школа – территория здоровья»

И.И. Ефременко, Е.А. Кунцевич, Т.В. Бондарь, И.В. Кунцевич

Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

*В исследовании представлена сущность инновационной работы, осуществляемой в рамках проекта по проблеме воспитания культуры и психологии здоровья учащихся как условия сохранения, укрепления и формирования здоровьесберегающего пространства школы. При этом показаны приоритетные направления по формированию здоровьесберегающей среды в образовательном пространстве школы.*

*Цель статьи – анализ возможностей сохранения здоровья школьников в рамках современного учебного заведения.*

**Материал и методы.** Анкетирование учителей, учащихся, родителей и проведение мониторинга здоровья школьников осуществлялись на базе УО «ГОСШ № 12 г. Витебска». Использовался метод анализа с опорой на практический опыт.

**Результаты и их обсуждение.** Авторами раскрывается значимость формирования ценностных ориентаций учащихся в аспекте приобретения навыков здорового образа жизни, культуры здоровья как основы физического, психического и социального благополучия.

Инновационный образовательный проект является многоуровневой образовательной системой гармоничного и индивидуально-личностного развития ребенка. В нем провозглашается здоровый образ жизни, сформирована система воспитания культуры здоровья, прогнозируется здоровьесберегающая деятельность.

**Заключение.** Результаты проекта позволяют разработчикам рекомендовать их для внедрения в деятельность общеобразовательной школы.

**Ключевые слова:** здоровьесбережение, инновационный процесс, образовательная среда.

## Shaping Students' Health Education and Psychology within the Innovation Project «School as the Health Area»

I.I. Efremenko, E.A. Kuntsevich, T.V. Bondar, I.V. Kuntsevich

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*The essence of the innovation work within the Project «Shaping Students' Health Education and Psychology as a Condition for Preserving, Strengthening and Forming Health Environment in School Academic Space» is presented in the article. The priority directions of shaping health environment in school academic space are identified.*

*The purpose of the article is analysis of options for preserving students' health within the contemporary educational establishment.*

**Material and methods.** Teachers', students' and parents' questionnaires as well as students health monitoring were conducted at Secondary School No12 of the City of Vitebsk. Methods of analysis and practical experience were used in the article.

**Findings and their discussion.** The authors reveal the significance of shaping students' value orientations in acquiring skills of healthy lifestyle, health culture as a basis of physical, mental and social well-being.

The innovation education project is a multilevel education system of harmonious and individual personality development of the child. It declares healthy lifestyle, shapes a system of bringing up health culture, forecasts health preserving activity.

**Conclusion.** The Project findings make it possible for the authors to recommend them for the implementation in the secondary school.

**Key words:** health preservation, innovation process, academic space.

Современное общество и стратегия его развития ставят новые ориентиры в образовательных и воспитательных целях школы, это требует совершенствования структуры и содержания процесса образования, повышения квалификации педагогов, их становления как профессионалов, свободно ориентирующихся в инновационных, психологических процессах, владеющих различными методиками преподавания своего предмета [1–3].

Тревожным фактом продолжает оставаться ухудшение состояния физического, психического и нравственно-го здоровья современной молодежи. Это проявляется в увеличении заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной систем, опорно-двигательного аппарата, нервно-психической сферы. Такие тенденции снижают результативность учебной деятельности и адаптацию к образовательному процессу.

Важным является и состояние самих педагогов. Согласно статистическим показателям большая часть педагогов подвержена частому переутомлению, депрессивному состоянию, головным болям. На учебный процесс влияет отсутствие возможностей для восстановления, использование компенсаторных особенностей организма приводит к раннему профессиональному «сгоранию».

По вышеназванным причинам в настоящее время нужна школа, которая будет вырабатывать единый подход к решению вопросов формирования, сохранения и укрепления здоровья, организованному с учетом особенностей ребенка.

Цель статьи – анализ возможностей сохранения здоровья школьников в рамках современного учебного заведения.

**Материал и методы.** Анкетирование учителей, учащихся, родителей (среднего звена и старших классов) и проведение мониторинга здоровья школьников (начальной, базовой и средней школы) осуществлялись на базе УО «ГОСШ № 12 г. Витебска». Использовался метод анализа с опорой на практический опыт.

**Результаты и их обсуждение.** Инициативной группой кафедры анатомии и физиологии ВГУ имени П.М. Машерова разработан и внедрен в деятельность общеобразовательной школы города Витебска инновационный образовательный проект «Школа – территория здоровья».

*Цель проекта* – обеспечить за период обучения в школе возможность сохранения здоровья, способствовать формированию необходимых знаний умений и навыков по ведению здорового образа жизни и использовать эти знания в учебном процессе и в повседневной жизни.

*Задачи проекта:*

- создать здоровьесберегающие условия в проведении образовательного процесса (в первую очередь соблюдение требований СанПиНов);
- применять технологии здоровьесбережения в обучении и воспитании;
- разработать и затем внедрить методики психологического и социального сопровождения для обучения детей в школе;
- внедрить программы по гигиеническому обучению и воспитанию школьников.

Для решения данных проблем необходимы создание условий для выбора содержания учебного материала в соответствии с индивидуальными интересами личности и использование резервов для развития профессионального и интеллектуального самоопределения.

Учебный процесс с нынешними технологиями интенсивного обучения, огромным объемом информации, спецификой и построением занятий, условиями для их проведения предъявляет обучающимся значительные психологические и физиологические требования, которые не соответствуют индивидуальным способностям современного школьника. Такое несоответствие уже на ранних этапах обучения приводит к снижению систем резерва организма, его адаптационных и компенсаторных возможностей. Как следствие, нарушается устойчивость организма к воздействиям социальных, экологических и профессиональных факторов.

Анализируя материалы инновационного проекта, можно сказать, что при сохранении прежнего статуса школы переход к изменениям в структуре и содержании процесса обучения и воспитания будет направлен на формирование положительной мотивации, на сохранение и укрепление здоровья, бережного отношения к здоровью окружающих.

При этом важно использование следующих внутренних условий учреждения образования:

- высокий профессиональный уровень педагогических кадров коллектива, который позволит обосновать необходимость данного подхода в развитии школы;
- наличие в школе условий для создания системы оздоровления детей, а именно квалифицированные медицинский работник, психолог, социальный педагог и др.;
- развитая материально-техническая база, необходимая для оздоровления детей (два спортивных зала, один из которых оснащен тренажерами, стадион, спортивная площадка, медицинский и процедурный кабинеты, кабинет психолога, стоматологический кабинет, столовая;

- соблюдение здоровьесберегающего режима в работе школы: функционирует в системе 5-дневной рабочей недели, созданы оптимальные периоды учебного труда, отдыха, двигательной активности старших школьников.

Таким образом, перечисленные нами условия позволяют осуществить изменения, которые будут способствовать полноценному развитию учебно-образовательной среды в учреждении образования, помогут сохранить здоровье учащихся и педагогического состава.

В реализации данного проекта важной составляющей являлось создание компетентного координационного совета в лице:

- *директора, заместителя директора* – проводят контроль за организацией процесса обучения и осуществляют контролируемую и координирующую деятельность;
- *педагогов-психологов* – изучают, анализируют данную проблему, осуществляют консультативную помощь учащимся, педагогам, родителям;
- *фельдшера школы* – осуществляет контроль за соблюдением санитарно-гигиенических норм в учреждении образования, выявляет детей из группы риска по данной проблеме;
- *учителя физической культуры* – учитывает особенности детей по формированию культуры здорового образа жизни;
- *родителей* – способствуют организации занятий физической культурой, оздоровлением с учетом индивидуальных особенностей ребенка и для повышения психо-эмоциональной устойчивости ребенка.

В соответствии с разработанной программой мы выделили следующие этапы:

- организационный – осуществлялся анализ результатов работы школы и условий, необходимых для реализации проекта;
- реализации проекта – реализация программы проекта;
- заключительный – перевод проектной экспериментальной работы в режим функционирования.

На различных этапах реализации проекта организаторами и членами координационного совета проводились мероприятия: осуществление основных этапов программного проекта и мониторинга полученных результатов; разработка контрольных мероприятий и программы реализации данного проекта; внесение изменений в программу и учет содержания основных направлений деятельности по проекту; внедрение инновационных здоровьесберегающих технологий в учебный и воспитательный проект; реализация программных мероприятий в малых группах и создание экспериментальных площадок. основополагающим этапом является разработка документации, позволяющей регламентировать экспериментальную работу в рамках инновационной площадки, осуществление мониторинга и координации дальнейшей работы. За период реализации инновационного проекта координаторами был создан банк научно-методических и практических материалов по проблеме здоровьесбережения.

Комиссией по внедрению в образовательный процесс методических разработок рекомендованы к использованию более сорока научно-методических и практических материалов, предложенных профессорско-преподавательским составом кафедры анатомии и физиологии УО «ВГУ имени П.М. Машерова»: «Врожденные пороки развития и меры их предупреждения», «Внезапные состояния при укусах клещей, змей, животных», «Гигиена – подруга здоровья», «Биологическое действие ионизирующего излучения», «Профилактика нарушения осанки», «Как наркотики влияют на мозг», «Память», «Сон и сновидения», «Алкоголь. Правда и вымысел», «Бездымный табак. небезопасный выбор», «Здоровый образ жизни», «Алкоголь и подросток» и др.

В процессе реализации инновационного проекта «Школа – территория здоровья» проведены следующие мероприятия:

1. Создана и пополняется копилка методических пособий (разработок, литературы, наглядной агитации, видеофильмов, буклетов, презентаций).
2. Среди школьников проведен цикл лекций по нравственно-половому воспитанию учащихся.
3. Составлена база данных учащихся, имеющих особенности в поведении, и семей неблагополучного характера с целью дальнейшей помощи им.
4. Проводятся общешкольные Дни здоровья.
5. Организуются беседы врача-нарколога и терапевта с учащимися 7–9-х классов (беседа со специалистами, мероприятия по профилактике употребления психически активных веществ среди несовершеннолетних).
6. Контроль учащихся 5-х классов в адаптации к новым условиям обучения.
7. Анкетирование учащихся 6–8-х классов на выявление отношения к психически активным веществам.
8. Фестиваль «Мир здоровья» для учащихся 1–4-х классов.
9. Конкурс агитбригад среди учащихся 5–8-х классов «Мир ЗОЖ».

10. Просмотр видеоматериалов для учащихся 7–9-х классов по темам «Здоровье – это здорово!», «Зависимость – это...», «Игла», «Спайс».
11. Фестиваль агитбригад «Молодежь против СПИДа» для учащихся 9–11-х классов.
12. Участие в акции АНТИСПИД.
13. Дискуссии по темам «Наркомания», «В XXI век без наркотиков», «Виртуальная агрессия», «Свет в конце тоннеля», «Береги себя», «Помогите Диме», «Метро», «Спайс».
14. Создание волонтерского движения на базе 5–9-х классов по организации пропаганды ЗОЖ и правил безопасного поведения.
15. Анализ пропусков занятий школьниками, занятость во время каникул учащихся, состоящих на различных видах учета.
16. Заседания советов профилактики правонарушений детей и подростков.
17. Беседы по вопросам здорового образа жизни, об отказе курения, о правильном регулярном питании, режиме дня, занятиях спортом.
18. Освещение на родительских собраниях различных вопросов режима дня, физической активности, профилактики вредных привычек; здорового образа жизни и закаливания.

В период проведенного исследования осуществлялся мониторинг уровня здоровья учащихся.

По результатам была отмечена положительная динамика, а именно снизились заболевания сердечно-сосудистой, опорно-двигательной системы, уменьшилось число детей со сколиозом, а также с заболеваниями ЖКТ (рис.).

Помимо этого постоянно проводилось анкетирование среди учащихся по вопросам употребления алкоголя и ПАВ. Опросы выявили общую динамику снижения употребления учащимися школы никотина и алкоголя. Так, если в 2015 году 47 учащихся были подвержены никотиновой зависимости, то в 2016 году только 13 учащихся отметили, что они курят.

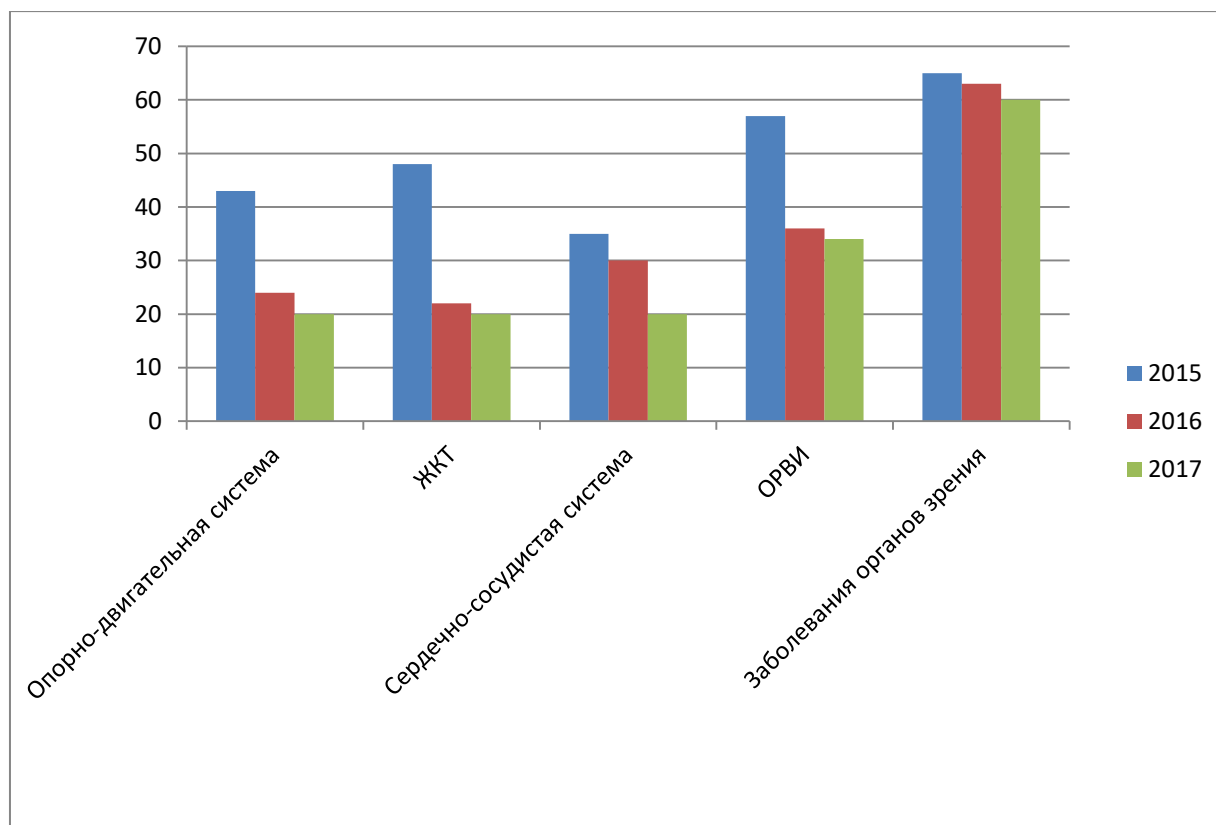


Рис. Заболеваемость учащихся в школе по годам

В январе 2017 года педагогом-психологом проведено анкетирование по изучению вредных привычек среди учащихся 6–8-х классов. Вредными они называют употребление алкоголя, наркотиков, курение, 10% опрошенных относят к ним еще компьютерные игры.

Путем анкетирования было выявлено, что 80% учащихся имеют следующие вредные привычки: компьютерные игры – 10%, курение – 5%, чрезмерное употребление сладкого – 10%, увлеченность фастфудами – 35%, отсутствие занятий спортом – 20%.

На вопрос об употреблении алкоголя 65% учеников ответили «да». При этом впервые предложено родителями ребенку в 30% случаев, родственниками – в 20%, друзьями – в 14% и личная инициатива – 1%.

25% учащихся не знают, как алкоголь влияет на организм и не задумываются о последствиях его приема.

90% опрошенных слышали о вреде никотина на организм человека и его последствиях, при этом среди негативных называют следующие факторы: заболевание легких, рак, заболевания кожи, желтые зубы.

2% учащихся ответили, что им предлагали попробовать наркотики.

Самые распространенные вредные привычки: курение – 30%, компьютерные игры – 15%, алкоголь – 5%. 98% опрошенных считают, что с этими вредными привычками они могут бороться и могут их победить.

Таким образом, в ходе реализации инновационного проекта достигнуты следующие результаты: созданы условия для всестороннего развития каждого учащегося, сохранения у него полноценного здоровья; повышение качества и результатов образования в условиях данной здоровьесберегающей образовательной среды. Проведено обновление содержания образования, активно используются инновационные здоровьесберегающие технологии в учебном процессе; предложено комплексное психолого-педагогическое сопровождение, необходимое для каждого учащегося; сформирована целостная положительная мотивация к процессу обучения, повышение самооценки школьника при адаптации в обществе, улучшение его социализации; создана база обучающих занятий, основанных на принципе «Начни с себя...»; разработана программа по обучению окружающих заботиться о своем здоровье.

Следовательно, можно говорить о сложившейся культуре здорового образа жизни школьника, типе поведения личности, о выражении зрелости и развитости как особых социально значимых качествах, которые активно реализуются в индивидуальном поведении. Подобная система – итог качественного развития знаний, интересов, норм, поведения, чувств и способностей.

Прослеживается положительная динамика уровня состояния здоровья учащихся в ходе реализации данного проекта и на заключительном этапе. Проведен мониторинг здоровья школьников; сформирован имидж школы в глазах потенциальных потребителей образовательных услуг.

Предложенный проект способствовал:

- созданию условий для полноценного развития учащихся, раскрытия их здоровьесберегающего потенциала;
- в условиях среды, направленной на укрепление здоровья, повышению качества образовательного процесса и образования в целом;
- использованию инновационных технологий по формированию здоровья в образовательном процессе для совершенствования и обновления последнего;
- положительной динамике состояния здоровья школьников, педагогов;
- изменению системы мониторинга здоровья учащихся, педагогических работников;
- разработке и внедрению обучающих программ по формированию здоровья, созданию проектов в этой области;
- положительному имиджу школы в глазах потенциальных потребителей образовательных услуг.

Инновационный проект «Школа – территория здоровья» помогает формированию здорового образа жизни у школьников. Проект построен на принципах интеграционных инноваций в области успешного обучения, сохранения и укрепления здоровья коллектива школы. Содержательными компонентами интеграции данного проекта являются: ценностно-целевой, личностно-развивающий, содержательно-деятельностный и ресурсный.

Эта модель системы реализации инновационного проекта отражает структурно-логические связи между организационно-управленческими, дидактическими, учебно-методическими условиями для обеспечения качества образования, свидетельствует о системообразующей роли формирования качественной здоровьесозидающей образовательной среды школы.

Формирование образовательной среды осуществляется путем интеграции общих содержательных компонентов интегративного инновационного проекта. Она позволяет приобретать новое качество, становится инновационной, более продуктивной образовательной системой, обеспечивающей иной, высокий уровень успешности деятельности и сохранение, укрепление здоровья педагогов и учеников. Все это имеет значение для подросткового периода развития личности ученика в общеобразовательной школе.

При реализации проекта «Школа – территория здоровья» на основе личностно-деятельностных, психолого-педагогических, учебно-методических, дидактических, информационно-коммуникативных условий повышаются как показатели успешности, так и здоровья, растут мотивация здорового образа жизни и потребности в достижениях, снижается уровень заболеваемости, улучшаются успеваемость и другие показатели. Реализация

инновационного проекта способствует становлению профессиональной зрелости педагога в процессе инновационной деятельности.

Ведущее место среди ценностных ориентаций личности занимают ценности здоровья, творчества и достижений. Необходимыми условиями при обеспечении нового качества образования являются усиление инновационных функций, взаимосвязь между процессом и результатом обучения, воспитания, социализации, оздоровления и развития современной личности. Проекты инновационного развития увеличивают вариативность образовательных маршрутов для ученика.

Освоение способов успешной деятельности и развитие мотивации достижений способствуют профилактике здоровьеразрушающего поведения личности подростка, а вооружение приемами здоровьесозидающей деятельности – профилактике истощения творческих ресурсов педагогов и учащихся.

Главный критерий качества современного образования – целостное развитие всех субъектов образовательного процесса. Он может быть выражен категориями «успешная и здоровая личность», «личностная зрелость», а для выпускника – «профессиональная зрелость». Эти категории отражают результат реализации данного инновационного проекта.

В рамках инновационного проекта «Школа – территория здоровья» прослеживается взаимосвязь процесса обучения, воспитания, саморазвития и самосовершенствования потенциала здоровья учащихся и педагогов.

**Заключение.** Исследование показало высокую продуктивность избранной теоретико-методологической основы, позволило успешно реализовать инновационный проект «Школа – территория здоровья» и создать модель системы педагогических условий для реализации данного проекта.

Инновационный проект интегрирует аспекты в области образования и здоровьесбережения в рамках учебного процесса определенного учреждения образования для дальнейшего развития в современном обществе. Реализация подобной модели имеет многоаспектное влияние на формирование личности, полноценного, здорового представителя в образовательном социуме.

Таким образом, в процессе инновационного исследования ключевые положения гипотезы были доказаны. Обобщенные основные результаты исследования по созданию системы педагогических условий реализации проекта «Школа – территория здоровья» и выявлению критериев результативности реализации проекта позволяют рекомендовать их для внедрения в деятельность общеобразовательной школы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Прищепа, И.М. Медико-педагогические условия формирования здорового образа жизни учащихся в колледже / И.М. Прищепа, А.Н. Дударев, Е.А. Кунцевич, Е.И. Дударева // *Вестн. Віцеб. дзярж. ун-та.* – 2016. – № 3(92). – С. 108–113.
2. Прищепа, И.М. Формирование здоровьесберегающего пространства в современной школе / И.М. Прищепа, Е.А. Кунцевич, А.Н. Дударев // *Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Е.* – 2016. – № 7. – С. 122–126.
3. Ефременко, И.И. Основные детерминанты репродуктивного поведения современной молодежи / И.М. Прищепа, И.И. Ефременко, Г.И. Наумова, Н.Д. Ефременко // *Вестн. Віцеб. дзярж. ун-та.* – 2016. – № 3(92). – С. 44–49.

### REFERENCES

1. Prishchepa I.M., Dudarev A.N., Kuntsevich E.A., Dudareva E.I. *Vesnik Vitsebskaga dziazhaunaga universiteta* [Journal of Vitebsk State University], 2016, 3(92), pp. 108–113.
2. Prishchepa I.M., Kuntsevich E.A., Dudarev A.N. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. E* [Journal of Polotsk State University], Ser. E, 7, 2016, pp. 122–126.
3. Efremenko I.I., Prishchepa I.M., Naumova G.I., Efremenko N.D. *Vesnik Vitsebskaga dziazhaunaga universiteta* [Journal of Vitebsk State University], 2016, 3(92), pp. 44–49.

*Поступила в редакцию 26.03.2018*

*Адрес для корреспонденции:* e-mail: kanatiphiz@vsu.by – Ефременко И.И.

УДК 37.013.42:159.922.76-053.6:159.942.6

## Социально-педагогическая работа с подростками агрессивного поведения

Н.Ю. Андрущенко, М.В. Долгая

Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»

*Важным направлением в работе социальных педагогов является профилактика и коррекция агрессивного поведения подростков.*

*Цель статьи – рассмотреть содержание социально-педагогической работы с подростками агрессивного поведения.*

**Материал и методы.** Исследование проводилось в ГУО «Средняя школа № 23 г. Витебска». Респондентами были обучающиеся в возрасте 14–16 лет. Используются методика диагностики показателей и форм агрессивного поведения (А. Басс – А. Дарки) и методика «Личностная агрессивность и конфликтность» (Е.П. Ильин, П.А. Ковалев), а также общелогические методы (индукция и дедукция, анализ и синтез, сравнение и обобщение).

**Результаты и их обсуждение.** Анкетирование показало, что среди опрошенных есть подростки с агрессивным поведением. У большинства учащихся уровень агрессивности находится в пределах нормы. Однако уровень враждебности оказался существенно выше уровня агрессивности. Враждебность рассматривается психологами в единстве с агрессией, поскольку является потенциальным основанием развития агрессивного поведения. По результатам исследования разработана программа, содержание которой включает темы по профилактике и коррекции агрессивного поведения. Отдельный блок программы посвящен работе с родителями и педагогами.

**Заключение.** Проблема агрессивного поведения подростков требует разработки соответствующих профилактических и коррекционных мероприятий. Ведущая роль в их реализации отводится социальным педагогам.

**Ключевые слова:** агрессия, агрессивность, агрессивное поведение, социально-педагогическая работа.

## Social and Pedagogical Work with Aggressively Behaving Teenagers

N.Yu. Andrushchenko, M.V. Dolgaya

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*Prevention and correction of teenager aggressive behavior is an important direction of social teachers' work.*

*The purpose of the article is to consider the content of the social and pedagogical work with aggressively behaving teenagers.*

**Material and methods.** The study was conducted at Secondary School No23 of the City of Vitebsk. The respondents were 14–16 year old schoolchildren. The methods of parameter and aggressive behavior diagnostics (A. Bass – A. Darki) and the methods of Personality Aggressive and Conflict Features (E.P. Ilyin, P.A. Kovalev) are used as well as general logical methods (induction and deduction, analysis and synthesis, comparison and generalization).

**Findings and their discussion.** The questionnaire indicated the presence of teenagers with aggressive behavior among those inquired. The level of aggressiveness of most schoolchildren is within the norm. However, the level of hostility turned out to be much higher than the level of aggressiveness. Hostility is treated by psychologists in unity with aggression since it is a potential basis for the development of aggressive behavior. The study resulted in the elaboration of a program which includes topics on the prevention and correction of aggressive behavior. A separate section of the program is dedicated to work with parents and teachers.

**Conclusion.** The problem of teenagers' aggressive behavior requires the development of corresponding prevention and correction events. The leading role in their implementation is played by social teachers.

**Key words:** aggression, aggressiveness, aggressive behavior, social and pedagogic work.

**А**грессивное поведение подростков является актуальной проблемой социально-педагогической деятельности. Подростки больше всего подвержены различным отклонениям в поведении и взаимоотношениях. Они еще не зна-

ют, как выражать свои эмоции, желания и ожидания, что служит поводом для проявлений агрессивного поведения.

Агрессия (от лат. *aggredi* – нападать) – это индивидуальное или коллективное поведение, действие, направленное на нанесение физического или психологического вреда, ущерба либо на уничтожение другого человека или группы людей [1].

Э. Фромм определяет агрессию как нанесение ущерба не только человеку или животному, но и любому неодушевленному предмету [2].

Рассматривая феномен агрессии необходимо принимать во внимание следующие термины: «агрессивное поведение» и «агрессивность». По определению А.А. Реана, «агрессивность – это готовность к агрессивным действиям в отношении другого, которую обеспечивает (подготавливает) готовность личности воспринимать и интерпретировать поведение другого соответствующим образом» [3, с. 4]. Поэтому агрессия и агрессивность не синонимичные понятия. Агрессия – это «совокупность определенных действий, причиняющих ущерб другому объекту, а агрессивность – личностная особенность, выражающаяся в готовности к агрессивным действиям в отношении другого» [4, с. 250].

Е.П. Ильин говорит о том, что «агрессивность – это свойство личности, отражающее склонность к агрессивному реагированию при возникновении фрустрирующей и конфликтной ситуации» [5, с. 37].

Таким образом, агрессивность относится к личностной черте индивида, а агрессия подразумевает поведенческий акт. Сам термин «агрессия» употребляется чрезвычайно широко, а данное явление связывают с негативными эмоциями (гнев), негативными мотивами (стремление навредить), негативными установками (расовые предрассудки) и разрушительными действиями [6].

Необходимое условие хорошего самочувствия человека – благоприятный психологический климат, в первую очередь, в микросреде. Взрослый человек, обладая опытом общения, может выстраивать свою траекторию отношений, ощущая себя комфортно, в то время как подростки больше подвержены различным отклонениям во взаимоотношениях. Данную проблему игнорировать нельзя, поскольку она может привести к серьезным последствиям – депрессии, нарушениям психики, агрессии. Подростку необходимо четко осознавать собственную принадлежность и значимость. У него формируются идеалы и стереотипы, которые впоследствии станут нормой его поведения и общения. Для подростка в силу возраста и проходящего кризиса важно всё, поэтому он с одинаковым интересом будет практиковать любые модели поведения, в т.ч. и отрицательные. Отсюда следует обращать внимание на положительные стороны характера подростка и показывать, как их можно использовать в общении. Это своего рода профилактика негативных проявлений, в т.ч. агрессивной модели поведения. Ведущую роль в решении данного вопроса принадлежит социально-педагогической работе.

Цель статьи – рассмотреть содержание социально-педагогической работы с подростками агрессивного поведения.

**Материал и методы.** Исследование проводилось в ГУО «Средняя школа № 23 г. Витебска». В качестве респондентов выступили 100 старшеклассников в возрасте 14–16 лет. Методологическая основа исследования представлена общенаучным и конкретно-научным уровнями. Общенаучный уровень составляют принципы единства теории и практики, объективности, конкретно-научный включает в себя теоретические методы: анализ, синтез, сравнение, обобщение, систематизацию и методику диагностики показателей и форм агрессивного поведения (А. Басс – А. Дарки), методику «Личностная агрессивность и конфликтность» (Е.П. Ильин и П.А. Ковалев).

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследования выявили, что у 46% респондентов агрессивность оказалась в пределах нормы, у 42% респондентов она понижена, у 12% – повышена. Вместе с тем у 47% старшеклассников враждебность выше нормы, у 51% находится в пределах нормы, у 2% понижена (рис. 1).

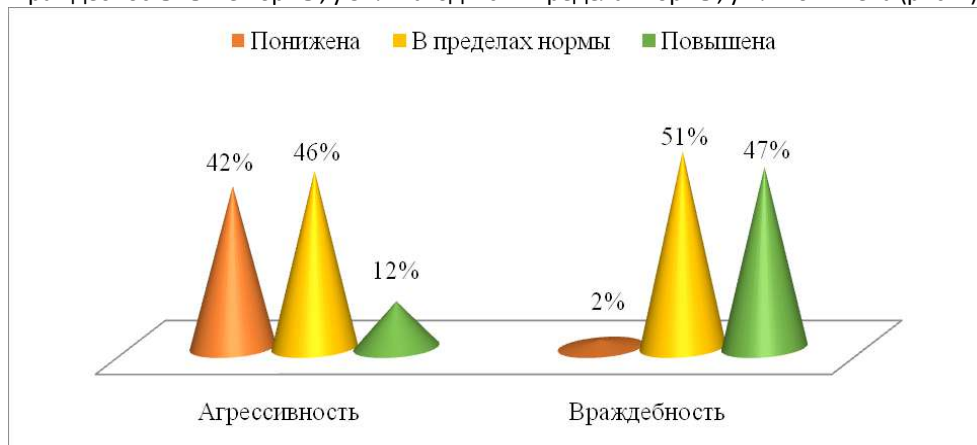


Рис. 1. Показатели агрессивности и враждебности

Анализируя результаты в целом, можно говорить о том, что значения по шкале агрессивности высоки, но находятся в пределах соответствующей нормы. Однако уровень враждебности существенно выше уровня агрессивности. Повышенная агрессивность наблюдается у 12% опрошенных, а повышенный уровень враждебности отмечается у 47% респондентов. Это свидетельствует о том, что учащиеся достаточно успешно справляются с контролем своих негативных эмоций. Но подобные отрицательные эмоции все равно косвенно влияют на поведение.

Мы сопоставили результаты показателей агрессивности, враждебности у девочек и мальчиков. Среди девочек агрессивность повышена у 10%, в пределах нормы у 42%, понижена у 48%. У мальчиков повышена агрессивность у 22%, в пределах нормы у 38%, понижена у 40%. Таким образом, повышенная агрессивность преобладает у мальчиков (рис. 2).

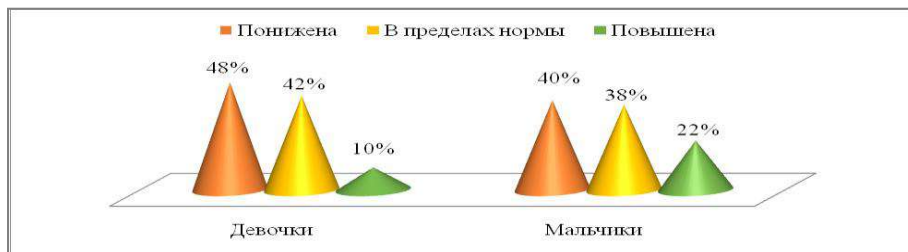


Рис. 2. Шкала агрессивности у девочек и мальчиков

Высокий уровень враждебности выявлен у 58% мальчиков, у 38% в пределах нормы, а понижен лишь у 4%. У девочек уровень враждебности повышен у 34%, в пределах нормы у 64%, понижен у 2%. Данные показывают, что повышенная враждебность присуща и девочкам (рис. 3).

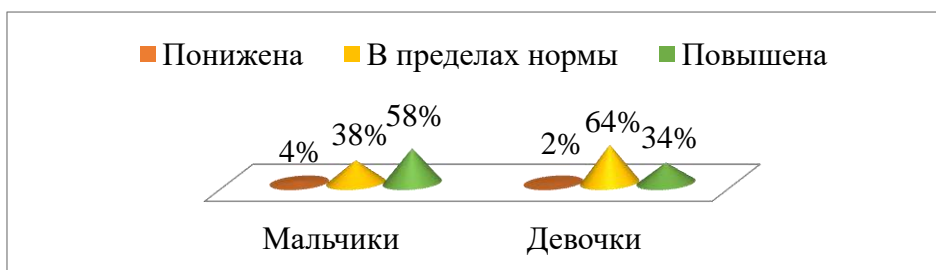


Рис. 3. Шкала враждебности у девочек и мальчиков

Проанализировав ответы респондентов по отдельным шкалам (методика А. Басса – А. Дарки), мы пришли к следующим выводам:

- 1) уровень физической агрессии: у 43% респондентов повышен, у 32% – в пределах нормы, у 15% – понижен;
- 2) уровень вербальной агрессии: у 50% – повышен, у 43% – в пределах нормы, у 14% – понижен;
- 3) уровень косвенной агрессии: у 45% – повышен, у 52% – в пределах нормы, у 3% – понижен;
- 4) уровень негативизма: у 22% – повышен, у 57% – в пределах нормы, у 21% – понижен;
- 5) уровень раздражения: у 29% – повышен, у 47% – в пределах нормы, у 24% – понижен;
- 6) уровень подозрительности: у 50% – повышен, у 34% – в пределах нормы, у 16% – понижен;
- 7) уровень обиды: у 34% – повышен, у 12% – понижен, у 54% – в пределах нормы;
- 8) уровень чувства вины: у 47% – повышен, у 32% – в пределах нормы, у 21% – понижен.

Таким образом, представленные результаты показывают, что подростки в случаях выражения агрессии используют ее вербальные (оскорбление, сквернословие, угроза, клевета, необоснованная критика, злые шутки и т.д.) и косвенные формы проявления (когда агрессия скрывается или не осознается субъектом). Однако интересен и тот факт, что почти половина подростков испытывают чувство вины по причине агрессивного поведения. Важно отметить, косвенную агрессию на пониженном уровне мы не выявили ни у одного респондента. Следовательно, подростки чаще всего не осознают проявления агрессивности со своей стороны.

Результаты, полученные благодаря проведенной методике «Личностная агрессивность и конфликтность» (Е.П. Ильин и П.А. Ковалев), показали следующее:

- 1) склонность к вспыльчивости: у 14% респондентов низкий уровень по данной шкале, у 53% – средний уровень, у 22% – уровень выше среднего, у 11% – высокий уровень;
- 2) склонность к напористости и наступательности: у 32% учащихся низкий уровень, у 43% – средний уровень, у 24% – уровень выше среднего, у 1% – высокий уровень;

3) склонность к обидчивости: у 36% опрошенных низкий уровень, у 27% – средний уровень, у 21% – уровень выше среднего, у 16% – высокий уровень;

4) склонность к неуступчивости: у 34% респондентов низкий уровень, у 42% – средний уровень, у 20% – уровень выше среднего, у 4% – высокий уровень;

5) склонность к бескомпромиссности: у 20% опрошенных низкий уровень, у 22% – средний уровень, у 41% – уровень выше среднего, у 17% – высокий уровень;

6) склонность к мстительности: у 49% подростков низкий уровень, у 27% – средний уровень, у 25% – уровень выше среднего, у 3% – высокий уровень;

7) склонность к нетерпимости к мнению других: у 36% учащихся низкий уровень, у 35% – средний уровень, у 25% – уровень выше среднего, у 4% – высокий уровень;

8) склонность к подозрительности: у 23% респондентов низкий уровень, у 41% – средний уровень, у 33% – уровень выше среднего, у 3% – высокий уровень.

Таким образом, по вышеобозначенным шкалам большинство учащихся имеют средний уровень, лишь некоторые из них обладают высоким уровнем. Однако, рассматривая интегративные показатели агрессивности и конфликтности, можно констатировать иную ситуацию:

1) показатель позитивной агрессивности: у 3% респондентов низкий уровень, у 51% – средний уровень, у 3% – уровень выше среднего, у 9% – высокий уровень;

2) показатель негативной агрессивности: у 2% опрошенных низкий уровень, у 56% – средний уровень, у 31% – уровень выше среднего, у 11% – высокий уровень;

3) общий показатель конфликтности: у 28% подростков средний уровень, у 55% – уровень выше среднего, 17% – высокий уровень, у 0% – низкий уровень (рис. 4).

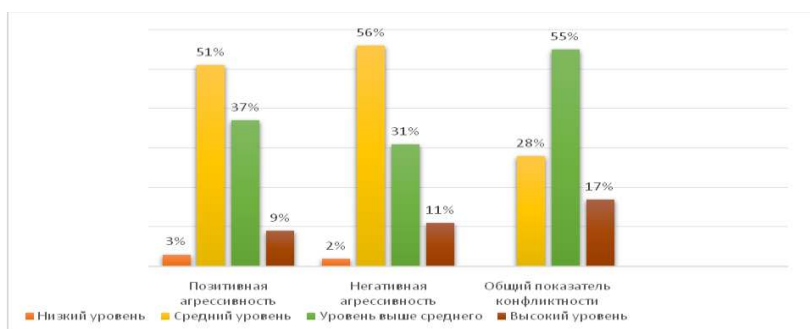


Рис. 4. Интегративные показатели агрессивности и конфликтности

По результатам исследования нами была разработана программа, направленная на профилактику агрессивного поведения среди подростков в средней школе. В реализации данной программы ведущая роль принадлежит социальному педагогу. Содержание и характер социально-педагогической деятельности заключается в расширении базовых социальных умений подростков. Акцент необходимо делать на том, что подавлять агрессию в детях нельзя, поскольку она вполне естественное чувство. Запрет или силовое подавление агрессивных импульсов может привести к аутоагрессии или психосоматическому расстройству. Подростков целесообразно научить не подавлять, а контролировать свою агрессию, а также отстаивать собственные права, защищать себя социально приемлемыми способами, не ущемляя при этом интересов других людей. Агрессия – это не только деструктивное поведение, причиняющее вред окружающим и приводящее к разрушительным последствиям, но и огромная сила, которая может служить источником энергии для конструктивных задач, если уметь ей управлять. Поэтому задача взрослых – научить подростков контролировать свою агрессию и использовать ее в мирных целях.

*Целевая аудитория:* подростки (14–16 лет), их родители и педагоги.

*Цель программы:* профилактика агрессивного поведения подростков в условиях общеобразовательного учреждения.

*Задачи:*

- 1) обучение подростков приемлемым способам выражения гнева и агрессии;
- 2) обучение подростков навыкам самоконтроля, умениям владеть собой в ситуациях, провоцирующих вспышки агрессивного поведения;
- 3) формирование у подростков способности к эмпатии, доверию, сочувствию, сопереживанию;
- 4) обучение педагогов и родителей приемам конструктивного взаимодействия с детьми.

*Принципы, на которых строится программа:*

1. Комплексный и системный подход к профилактике – построение программы базируется на взаимодействии личностных (внутренних) и социальных (внешних) факторов.

2. Учет возрастных и индивидуальных особенностей предполагает внимание к каждому ученику, подход, создание оптимальных условий потенциальных возможностей каждого ученика.

3. Опора на положительное в личности ребенка и ориентация на гармонизацию ее развития.

4. Дифференцированный подход – учет социально-психологических особенностей группы.

5. Принцип практико-ориентированности – ориентация на специфические методы и приемы работы с агрессивным поведением.

Программа включает в себя три блока.

Первый блок – профилактика агрессивного поведения подростков, предполагает обучение приемлемым способам выражения агрессии, навыкам самоконтроля и управления собственным гневом, формирование конструктивных навыков общения.

Занятия с элементами тренинга предусматривают следующую тематику:

- «Агрессия под контролем»;
- «Мир глазами эмоционального человека»;
- «Я тебе доверяю»;
- «Уважая других, уважаю себя»;
- «Учусь понимать других».

Второй блок – работа с педагогами и родителями, предусматривающая обучение педагогов и родителей приемам конструктивного взаимодействия с детьми и приемам саморегуляции эмоционального состояния.

Занятия с элементами тренинга включают следующую тематику:

- «Ты/Я – высказывание»;
- «Способы решения конфликтных ситуаций с детьми»;
- «Конструктивное общение с ребенком»;
- «Синдром эмоционального выгорания. Как с этим справиться?»;
- «Управляй своими эмоциями!».

Работе с родителями необходимо уделять пристальное внимание, поскольку существует зависимость между реакцией родителей на раннее проявление агрессивности со стороны детей и агрессивностью, проявляемой ими в более зрелом возрасте. Родители по-разному реагируют на агрессивное поведение детей. Как правило, родители строже наказывают ребенка за агрессивность по отношению к взрослому, чем по отношению к своему сверстнику [7].

Третий блок – рефлексия. Итоговое занятие с подростками «Я управляю собой». Итоговая диагностика.

**Заключение.** Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что проявление агрессивности в подростковом возрасте может быть истолковано как способ взаимодействия личности с социальной действительностью. Агрессивные реакции при этом направлены на защиту собственного «Я», отстаивание своей точки зрения, личных интересов, жизненных позиций в рамках разрешения спорной ситуации. Социально-педагогическая работа в рамках реализации предложенной программы профилактики агрессивного поведения направлена на развитие у подростков социально приемлемых средств выражения агрессии, формирование навыков самоконтроля, доверия и сопереживания, обучение педагогов и родителей приемам конструктивного взаимодействия с детьми.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Краткий психологический словарь / под ред. А.В. Петровского, М.Г. Ярошевского. – М., 1995. – 271 с.
2. Фромм, Э. Анатомия человеческой деструктивности / Э. Фромм. – М.: Республика, 1994. – 447 с.
3. Реан, А.А. Агрессия и агрессивность личности / А.А. Реан // Психологический журнал. – 1996. – № 5. – С. 3–19.
4. Реан, А.А. Социальная педагогическая психология / А.А. Реан, Я.Л. Коломинский. – СПб.: Издательство «Питер», 2000. – 416 с.
5. Ильин, Е.П. Эмоции и чувства / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.
6. Змановская, Е.В. Девиантология: (Психология отклоняющегося поведения): учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е.В. Змановская. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 288 с.
7. Фурманов, И.А. Детская агрессивность: психодиагностика и коррекция / И.А. Фурманов. – Минск: ИП Ильин В.П., 1996. – 193 с.

#### REFERENCES

1. Petrovski A.V., Yaroshevski M.G. *Kratki psikhologichski slovar* [Brief Psychological Dictionary], M., 1995, 271 p.
2. Fromm E. *Anatomiya chelovecheskoi destruktivnosti* [Anatomy of Human Destructiveness], M., Respublika, 1994, 447 p.
3. Rean A.A. *Psikhologichski zhurnal* [Psychological Journal], 1996, 5, pp. 3–19.
4. Rean A.A., Kolominski Ya.L. *Sotsialnaya pedagogicheskaya psikhologiya* [Social Pedagogical Psychology], SPb., Izdatelstvo «Piter», 2000, 416 p.
5. Ilyin E.P. *Emotsii i chuvstva* [Emotions and Feelings], SPb., Piter, 2001, 752 p.
6. Zmanovskaya E.V. *Deviantologiya: (Psikhologiya otkloniyushchegosia povedeniya): Ucheb. posobiye dlia stud. vyssh. ucheb. zavedenii* [Deviantology: (Psychology of Deviant Behavior): University Student Textbook], M., Izdatelski tsentr «Akademiya», 2003, 288 p.
7. Furmanov I.A. *Detskaya aggressivnost: psikhodiagnostika i korrektsiya* [Children's Aggressiveness: Psychological Diagnostics and Correction], Minsk, IP Ilyin V.P., 1996, 193 p.

Поступила в редакцию 25.04.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: andru-natalya@yandex.ru – Андрущенко Н.Ю.

## Алгоритмизация двигательной деятельности в учебно-тренировочном занятии при развитии тактического мышления

Д.С. Борщ\*, В.Г. Сивицкий\*\*

\*Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»

\*\*Учреждение образования «Белорусский государственный  
университет физической культуры»

*В баскетболе важными являются такие компоненты подготовки, как техническая, физическая и тактическая. Баскетболист должен обладать всеми ими в одинаковой степени, однако тактической подготовке уделяется не всегда достаточно внимания, особенно на начальных этапах становления спортивного мастерства. В связи с этим приобретает актуальность повышение тактической подготовки юных баскетболистов на этапе начальной специализации.*

*Цель статьи – разработать методiku развития тактического мышления баскетболистов на этапе начальной специализации.*

**Материал и методы.** Педагогический эксперимент проводился на базе БК «ЦМОКИ-МИНСК» среди юных баскетболистов 10–12 лет, на этапе начальной специализации, в 3 этапа. В эксперименте участвовало 20 человек. Применялись такие методы, как теоретический анализ и обобщение специальной литературы, анкетный опрос тренеров, беседа, педагогическое наблюдение, спортивно-педагогическое тестирование, педагогический эксперимент. Материалы исследования обработаны с помощью методов математической статистики.

**Результаты и их обсуждение.** Для эффективной тактической подготовки и развития тактического мышления могут быть использованы принципы программированного обучения. В результате построения незаконченных алгоритмов действий спортсмены решают тактические задачи, тем самым развивают тактическое мышление и приобретают новые знания. С этой целью был разработан методический материал в виде рабочей тетради по тактической подготовке с тактическими задачами в ней трех уровней сложности. В результате проведения педагогического эксперимента улучшился уровень тактического мышления в 2 раза, что говорит об эффективности предлагаемой методики. Данная методика может быть внедрена в раздел тактической подготовки юных баскетболистов ДЮСШ.

**Заключение.** Разработанная рабочая тетрадь по тактической подготовке позволяет одновременно изучать необходимый материал по тактике, развивать тактическое мышление, а также контролировать изменения уровня тактической подготовленности баскетболистов.

**Ключевые слова:** алгоритм, баскетбол, тактическое мышление, программированное обучение, тактика, тактическая задача, проблемная ситуация.

## Algorithmization of Motion Activity in an Educational and Training Class in the Development of Tactical Thinking

D.S. Borsch, V.G. Sivitsky\*

\*Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

\*\*Educational Establishment «Belarusian State University of Physical Training»

*In modern basketball, training components such as technical, physical and tactical are important. The basketball player should have all of them in the same degree; however, such component as tactical training is not always paid enough attention, especially at the initial stages of sport skill training. As a result, research of scientific and methodological literature has revealed the need to improve the tactical training of young basketball players at the stage of primary specialization.*

*The purpose of the article is to develop a methodology for developing tactical thinking of basketball players at the stage of primary specialization.*

**Material and methods.** The pedagogical experiment was conducted in three stages on the basis of BC «TsMOKI-MINSK» among young 10–12 year old basketball players, at the stage of primary specialization. In the experiment, 20 people participated. The following methods were used: theoretical analysis and generalization of special literature, questionnaire survey of coaches,

conversations, pedagogical observations, sports pedagogical testing, a pedagogical experiment. The materials of the study were processed using mathematical statistics.

**Findings and their discussion.** The article deals with the development of tactical thinking of basketball players. For the effective tactical training and development of tactical thinking, the principles of programmed instruction can be used. As a result of building unfinished algorithms of actions, the athlete solves the tactical task, thereby developing tactical thinking, and gaining new knowledge. Aiming at this, a methodological material was developed in the form of a workbook on tactical training with tactical tasks of three levels of complexity. As a result of the pedagogical experiment, the level of tactical thinking was twice improved, which indicates the effectiveness of the developed methodology. This technique can be implemented in the tactical training of young basketball players of the Children's Sports School.

**Conclusion.** The developed workbook on tactical training allows one to simultaneously study the necessary material on tactics, develop tactical thinking, and monitor changes in the level of tactical preparedness of basketball players.

**Key words:** algorithm, basketball, tactical thinking, programmed training, tactics, tactical task, problem situation.

Соревновательный успех в баскетболе, как и во многих других спортивных играх, зависит от эффективности тактической деятельности команды и отдельного игрока. Под тактическими знаниями спортсмена подразумеваются сведения о принципах и рациональных формах тактики, выработанных в избранном виде спорта. Тактические знания реализуются в виде тактических умений и навыков. Тактическое мышление развивается совместно с формированием тактических знаний, умений и навыков. Оно характеризуется способностью баскетболиста быстро воспринимать, оценивать, выделять и перерабатывать информацию, существенную для принятия решения во время игры, предвидеть действия соперника, а главное – кратчайшим путем найти необходимое решение при возникновении проблемной игровой ситуации за минимальное время.

Тактической подготовкой баскетбольных команд занимались многие специалисты в области баскетбола, такие как Ю.М. Портнов, А.Я. Гомельский, Д.И. Нестеровский, В.М. Колос и др. Однако и сегодня отсутствует единое мнение о построении тактической подготовки в тренировочном процессе. Очевидна проблема подготовки резерва в баскетболе, где тактическим занятиям, на наш взгляд, уделяется недостаточно внимания и где имеется методический ресурс повышения эффективности подготовки. Одним из направлений реализации этого ресурса представляется использование программированного обучения. Решению данной проблемы посвящены работы С.В. Барбашова, Е.Г. Гирьятович, С.В. Малиновского, В.В. Козина, С.В. Колотильщиковой, А.В. Родионова, В.Г. Сивицкого, В.А. Ускова и др.

Многие авторы считают, что при современных требованиях в баскетболе методы тактической подготовки спортсменов требуют постоянной модернизации [1–5]. Использование средств программированного обучения в спортивной деятельности открывает новые возможности построения учебно-тренировочного процесса.

Как указывает В.В. Козин [4], систематический и последовательный порядок усвоения знаний, формирования умений и навыков связан с самой природой алгоритмического предписания, в котором каждый шаг, каждый элементарный акт основан на предыдущих и сам определяет последующие шаги алгоритма. Расчленение алгоритмического процесса на элементарные акты обуславливает доступность обучения. Обучение алгоритмам тесно связано с практикой, так как алгоритм, составленный на основе теоретических предпосылок, – это руководство к непосредственным вычислительным, логическим или трудовым действиям.

С.В. Малиновский в своей работе «Моделирование тактического мышления спортсмена» [6] указывает, что алгоритмы, применяемые в учебно-тренировочном процессе в спорте, бывают двух основных видов. Первыми занимающиеся пользуются для решения познавательных задач в спортивной деятельности – это выполнение в определенной последовательности ряда элементарных операций, причем по условию задачи сразу нельзя определить ее ответ. Второй вид алгоритма – это предписание, направленное на решение конкретных дидактических задач. В зависимости от задач, поставленных в конкретном учебно-тренировочном занятии, применяется тот или иной вид алгоритмов. Также возможным является создание частных алгоритмов при решении проблемных задач.

С.В. Колотильщикова [5] предложила методику тактической подготовки, включающую в себя алгоритмы обучения тактическим взаимодействиям с постепенным усложнением заданий:

1. Объяснение и графическое изображение тактического взаимодействия. В объяснении взаимодействия указывается, в каких случаях оно применяется, сколько имеет стандартных вариантов расстановки и передвижения игроков по площадке.

2. Объяснение исходной расстановки игроков на площадке (расстановка каждого игрока на конкретное место в тактической комбинации, графическое изображение движения каждого игрока на площадке и объяснение игрокам выполняемых функций на площадке). Условие данного этапа: обучающиеся сами предлагают возможные варианты реализации комбинации.

3. Пробное исполнение стандартных вариантов взаимодействия. Анализ ошибок совместно с занимающимися.

4. Выполнение 5–9 вариантов тактического взаимодействия. Спортсменам предлагается назвать отличительные характеристики разучиваемого тактического взаимодействия.

5. Выполнение вариантов комбинации в ситуации численного превосходства атакующих.

6. Выполнение вариантов комбинации в ситуации численного превосходства защитников. Объяснение учащимся выбора данного варианта взаимодействия.

7. Выполнение взаимодействия в противоборстве двух сторон с введением в игру проблемной ситуации. Проблемная ситуация не должна выполняться с помощью известных спортсменам способов.

В.Н. Анненков [1] в своем эксперименте в первой части тренировочного занятия (теоретической) предъявлял занимающимся кинокольцовку с разучиваемыми тактическими игровыми ситуациями и разъяснял правила их решения. Затем на тренажере мысленно формировалась предстоящая программа действий в ситуациях данного типа. На следующем этапе для предъявления занимающимся тактических игровых ситуаций использовалась кинокольцовка в течение 5 секунд. Занимающийся должен был идентифицировать ситуацию и дать правильный ответ. Сама демонстрация осуществлялась без остановки, что создавало эффект реального участия в игре, когда одна ситуация сменяется другой.

Методика тактической подготовки юных баскетболистов с применением методов программированного обучения предполагает освоение спортсменом тактических схем игры и возможных решений различных проблемных ситуаций. И тот игрок, который будет обладать нужными в игре знаниями и умениями, сможет наиболее эффективно решить игровую задачу.

Одним из нереализованных инновационных подходов в расширении возможностей программированного обучения в тактической подготовке юных баскетболистов, по нашему мнению, может выступать рабочая тетрадь, построенная на основе незаконченных алгоритмов действий. Содержание и методика использования такой тетради предполагает поэтапное самостоятельное изучение и решение заданий разного уровня сложности с последующим выполнением предложенных заданий на тренировках. Тренер помогает спортсменам увидеть их ошибки в практической реализации тактической комбинации, объясняя и исправляя ошибки игроков, а также поясняя, как правильно надо было действовать.

Цель статьи – разработка и экспериментальная апробация методики программированного обучения юных баскетболистов тактическим действиям с использованием рабочей тетради.

**Материал и методы.** Педагогический эксперимент проводился на базе БК «ЦМОКИ-МИНСК» среди юных баскетболистов 10–12 лет, на этапе начальной специализации, в три этапа. В эксперименте участвовало 20 человек. Основной рабочей гипотезой было то, что при построении незаконченного алгоритма действий в проблемных игровых ситуациях спортсмены, пытаясь решить ее, одновременно развивают тактическое мышление, а также получают новые знания.

С этой целью была разработана рабочая тетрадь юного баскетболиста, которая позволяет осваивать тактические действия по принципу программированного обучения. Задания рабочей тетради предполагают игровые ситуации, в которых присутствуют незаконченные действия атаки или обороны. Спортсмену предлагается завершить игровую ситуацию в свою пользу.

Тетрадь содержит задания трех уровней сложности. Наиболее простым считается первый уровень сложности: в задаче задействовано 2–3 игрока, комбинация состоит из 2–4 действий, решение предполагает 1–2 «шага» (хода).

Во втором уровне сложности в задачу включены 3–4 человека, а комбинация может состоять из 3–6 действий. При этом решение обычно составляет 2–3 «шага» (хода).

В третьем уровне сложности в задачу включены 3–5 человек, комбинация может состоять из 5–8 действий, а решение – 3–4 «шага» (хода).

В задачах на тактику защиты главное указать, куда смещаются игроки защиты для предотвращения атаки соперника в определенных ситуациях.

В задачах используются как стандартные, так и специальные игровые ситуации (в соответствии с тактическими рекомендациями специалистов). Тетрадь предназначена, как для домашнего пользования, так и в учебно-тренировочных занятиях.

К данной тетради была разработана и система оценок набранных баллов за решаемые тактические задачи, которая позволяет контролировать динамику изменения уровня тактического мышления у баскетболистов (табл. 1).

Таблица 1

**Система оценки решений тактических задач с использованием рабочей тетради юного баскетболиста**

балл	Описание
0	<i>Задание не выполнено или выполнено неправильно</i>
1	<i>Предложено одно правильное решение, соответствующее условиям задачи</i>
2	<i>Предложены два правильных решения, соответствующих условиям задачи</i>
+1	<i>Предложено правильное решение не стандартным способом (креативность мышления)</i>
+1	<i>Предложены два правильных решения (вариативность мышления)</i>

Также для проведения педагогического эксперимента были разработаны тесты по измерению уровня тактического мышления, состоящие из 3 задач на тактику нападения и 3 задач на тактику защиты различных уровней сложности. Созданные тесты позволяют измерять такие показатели, как правильность решения тактических задач, время решения, креативность и вариативность мышления.

Реализация разработанной методики программированного обучения юных спортсменов тактическим действиям предполагает поэтапное освоение заданий разного уровня сложности, предложенных в рабочей тетради:

Уровень сложности заданий	Предполагаемая продолжительность освоения заданий (недели)
1	6–8
2	8–10
3	10–12

Нами применялись такие методы, как теоретический анализ и обобщение специальной литературы, анкетный опрос тренеров, беседа, педагогическое наблюдение, спортивно-педагогическое тестирование, педагогический эксперимент. Материалы исследования обработаны с помощью методов математической статистики.

**Результаты и их обсуждение.** Из результатов тестирования уровня тактического мышления (табл. 2, 3) видно, что в контрольной и экспериментальной группах на первом этапе исследования (до начала педагогического эксперимента) данные в баллах за ответы испытуемых не имеют статистически достоверных различий ( $p > 0.05$ ). Время выполнения тестового задания у спортсменов контрольной и экспериментальной групп также не имеет достоверных различий ( $p > 0.05$ ). Это говорит об изначальной схожести групп. Баскетболисты обладали низким уровнем тактического мышления, в обеих группах задания часто выполнялись неправильно, имели низкую вариативность и креативность решения.

Таблица 2

**Результаты тестирования спортсменов экспериментальной группы в процессе педагогического эксперимента**

№	Спортсмены	Возраст	1 срез		2 срез		3 срез	
			баллы	t (мин)	баллы	t (мин)	баллы	t (мин)
1	Б. А.	12	8	2.93	13	2.15	22	3.16
2	Г. Д.	12	8	5.43	16	4.41	23	4
3	Г. Д.	11	8	3.75	19	4.25	22	3.55
4	В. И.	10	12	4.53	13	4.58	19	3.85
5	З. Д.	12	11	3.00	23	5.95	22	3.73
6	К. Н.	12	9	4.23	22	5.2	23	3.93
7	Л. М.	11	10	3.91	24	4.25	24	3.83
8	М. Е.	12	12	2.96	13	5.25	21	4.6
9	С. М.	12	10	4.83	28	5.6	27	4
10	Х. М.	12	13	2.48	23	4.51	24	4.15
	Среднее	11.6	10.1	3.8	19.4	4.6	22.7	3.8

Таблица 3

**Результаты тестирования спортсменов контрольной группы в процессе педагогического эксперимента**

№	Спортсмены	Возраст	1 срез		2 срез		3 срез	
			баллы	t (мин)	баллы	t (мин)	баллы	t (мин)
1	Н. Д.	12	9	2.6	4	3.11	9	2.7
2	М. Г.	11	4	4.3	8	4.18	9	4
3	П. А.	11	11	3.2	7	1.88	13	2.7
4	Б. В.	11	11	4	7	4.71	10	4.6
5	П. Ю.	12	13	4	7	3.38	14	6.8
6	К. Е.	12	9	3.6	9	5.4	9	4.2
7	М. Р.	11	8	4	10	5.88	8	2.5
8	Е. М.	12	10	4.5	13	7.25	10	5.7
9	М. Д.	10	11	4	9	5.1	9	4.8
10	З. М.	11	6	4.9	5	3.48	7	3.1
	Среднее	11.2	9.2	3.9	7.9	4.4	9.8	4.1

После четырех месяцев работы по предложенной методике в экспериментальной группе (второй этап педагогического эксперимента) средний показатель баллов, набранных за тестовые задания, возрос в два раза, но увеличилось и среднее время, потраченное на решение задач, – с 3,8 до 4,6 минуты. Это говорит о том, что при решении второго теста баскетболисты стали глубже анализировать игровые ситуации, и у них все чаще появлялся второй вариант ответа. Однако на его поиск и написание также требовалось дополнительное время. Все чаще в решении спортсменов проявлялись такие свойства мышления, как креативность и вариативность. В контрольной группе результаты набранных баллов во втором срезе незначительно уменьшились (с 9,2 до 7,9), а время решения увеличилось (с 3,9 минуты до 4,4 минуты).

На третьем этапе педагогического эксперимента (на завершающей неделе обучения, через 8 месяцев с начала эксперимента) результаты изменились следующим образом: в экспериментальной группе средний показатель по набранным баллам увеличился (с 19,4 до 22,7 балла), а время, потраченное на решение задачи, уменьшилось (с 4,6 до 3,8 минуты соответственно). Это говорит о том, что испытуемые стали быстрее анализировать задания и предлагать больше решений в различных игровых ситуациях. В контрольной группе количество набранных баллов незначительно увеличилось (с 7,9 до 9,8), а время осталось практически без изменений.

На рис. 1 представлена динамика изменений показателей набранных баллов в ходе педагогического эксперимента, а на рис. 2 динамика изменений времени, затраченного на решение тактических задач, в течение педагогического эксперимента.

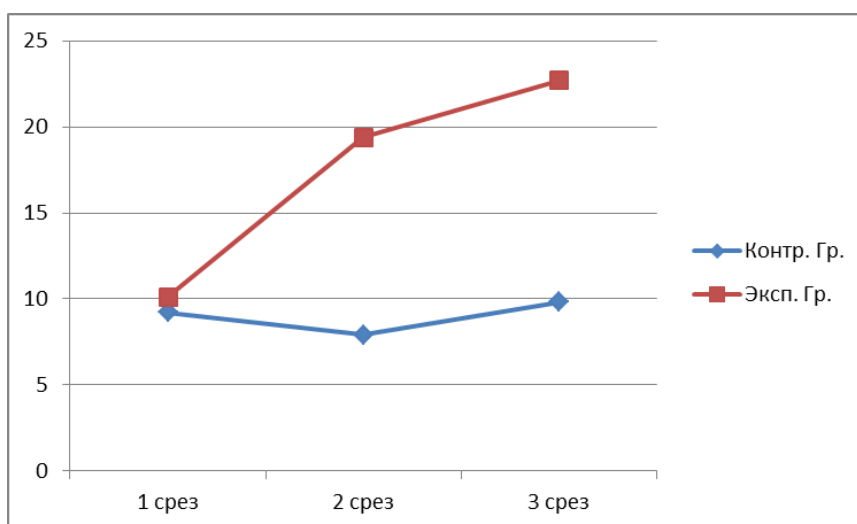


Рис. 1. Динамика изменений показателей набранных баллов в экспериментальной и контрольной группах на протяжении педагогического эксперимента

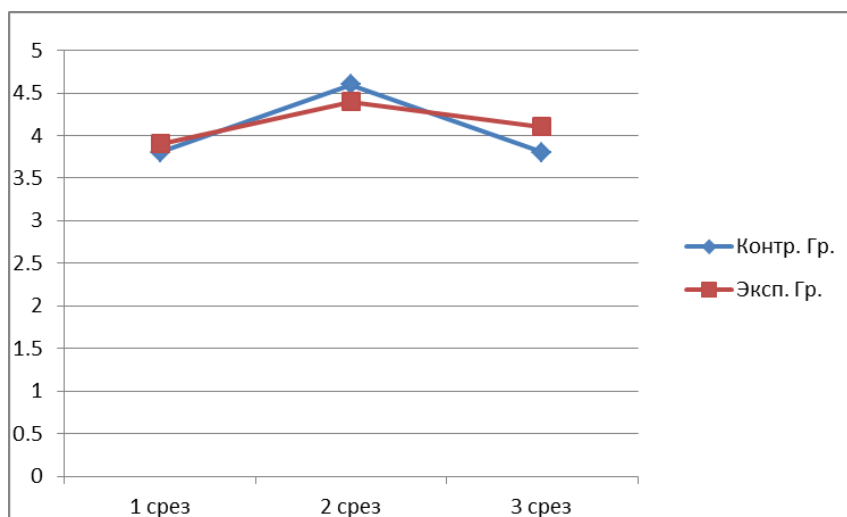


Рис. 2. Динамика изменения времени решения тактических задач в контрольной и экспериментальной группах на протяжении педагогического эксперимента

По критерию достоверности различий уровня значимости изменились показатель набранных баллов между контрольной и экспериментальной группами ( $p < 0.05$ ), что говорит о развитии тактического мышления. Из этого можно сделать вывод, что рабочая тетрадь, созданная по принципу программированного обучения, повышает уровень тактического мышления юных баскетболистов, благодаря чему спортсмены лучше анализируют игровую ситуацию и находят больше вариантов решения в проблемных игровых ситуациях.

**Заключение.** Содержание и структура тактической подготовки на различных этапах многолетнего тренировочного процесса имеет различную направленность и структуру. На этапе начальной специализации тактическая подготовка в большей мере несет индивидуальный и групповой характер, командные взаимодействия еще представляют сложность ввиду слабой технической подготовленности игроков, тренировочные занятия в основном направлены на физическую и техническую подготовку. Специалисты же в области спортивной психологии называют данный возраст сенситивным периодом для развития тактического мышления. Разработанная методика позволяет уменьшить время, затраченное на тактическую подготовку в учебно-тренировочном занятии, облегчает работу тренера, а также дает необходимые знания и эффективно развивает тактическое мышление у баскетболистов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анненков, В.Н. К вопросу о технико-тактической подготовке юных баскетболистов 8–11 лет / В.Н. Анненков // Тез. докл. матер. науч. конф. молодых ученых ГДОШК им. П.Ф. Лесгафта за 1989 г. – Л., 1993. – С. 112.
2. Барбашов, С.В. Тактическая подготовка в баскетболе в контексте тактического мышления как системообразующего компонента / С.В. Барбашов; Югорский гос. ун-т (ЮГУ), г. Ханты-Мансийск // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2008. – Вып. 4(38). – С. 17–20.
3. Гирьятович, Е.Г. Формирование основ тактического мышления у баскетболисток 11–13 лет на этапе начальной специализации: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Е.Г. Гирьятович. – Омск, 2007. – 22 с.
4. Козин, В.В. Моделирование и алгоритмизация технико-тактической деятельности спортсменов на основе ситуационной декомпозиции / В.В. Козин, Г.С. Лалаков // Физическое воспитание студентов. – 2011. – № 3. – С. 53–55.
5. Колотильщикова, С.В. Программированная командная тактическая подготовка квалифицированных баскетболисток / С.В. Колотильщикова // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 10. – С. 75.
6. Малиновский, С.В. Моделирование тактического мышления спортсмена / С.В. Малиновский. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 192 с.

#### REFERENCES

1. Annenkov V.N. *Materiali nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh GDOShK im. P.F. Lesgafta za 1989 g.* [Proceedings of the Scientific Conference of Young Scholars at P.F. Lesgaft GDOSh in 1989], L., 1993, p. 112.
2. Barbashov S.V. *Ucheniye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of P.F. Lesgaft University], 2008, 4(38), pp. 17–20.
3. Giryatovich E.G. *Formirovaniye osnov takticheskogo myshleniya u basketbolistok 11–13 let na etape nachalnoi spetsializatsii: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk* [Shaping Basics of 11–13 Year Old Basketball Girls-Players Tactic Thinking at the Initial Specialization Stage: PhD (Education) Dissertation Summary], Omsk, 2007, 22 p.
4. Kozin V.V., Lalakov G.S. *Fizicheskoye vospitaniye studentov* [Physical Training of Students], 2011, 3, pp. 53–55.
5. Kolotilshchikova S.V. *Teoriya i praktika fizicheskoi kulturi* [Theory and Practice of Physical Training], 2007, 10, p. 75.
6. Malinovski S.V. *Modelirovaniye takticheskogo myshleniya sportsmena* [Modeling Sportsmen's Tactic Thinking], M., Fizkultura i sport, 1981, 192 p.

Поступила в редакцию 23.02.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: denisborsch1983@mail.ru – Борщ Д.С.

## Рейтинговая система оценки знаний, умений и навыков по учебной дисциплине «Физическая культура»: проблемы и перспективы (на примере УВО медицинского профиля)

Д.Э. Шкирьянов

Учреждение образования

«Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»

*Как известно, одним из приоритетных направлений в управлении образовательным процессом и организации контрольно-оценочной деятельности по учебной дисциплине «Физическая культура» в непрофильных УВО нашей страны является рейтинговая система. Согласно требованиям нормативно-правовых документов, ее структура должна содержать организационные, общеобразовательные, методические и практические критерии успеваемости. Вместе с тем, несмотря на имеющиеся научно-методические предпосылки, в практике физической культуры отсутствует соответствующая рейтинговая система оценки знаний, умений и навыков по учебной дисциплине «Физическая культура», в полном объеме отвечающая современным требованиям действующего законодательства УВО. В статье представлен один из подходов к решению данной проблемы: предложена теоретическая «модель» рейтинговой системы, отражены результаты ее экспериментального обоснования в условиях УВО медицинского профиля.*

*Цель статьи – разработка и экспериментальное обоснование рейтинговой системы оценки знаний, умений и навыков по учебной дисциплине «Физическая культура» в УВО медицинского профиля.*

**Материал и методы.** Педагогическое исследование проходило в два этапа (2016–2017 гг.) на базе УО «ВГМУ» в рамках инициативной темы НИР кафедры физической культуры – «Установить влияние рейтинга здоровья студентов на рейтинг их успеваемости» (№ ГР 20163400 от 8.09.2016). В нем приняли участие 977 студентов-девушек, обучающихся по специальностям 1-79 01 01 «Лечебное дело», 1-79 01 08 «Фармация» и отнесенных по состоянию здоровья к основной и подготовительной медицинским группам.

В работе использовались следующие методы исследования: анализ и синтез научно-методической литературы, контент-анализ, контрольные тесты физической подготовленности и уровня развития, антропометрия, индексы и функциональные пробы, педагогический эксперимент (констатирующий), математико-статистические методы.

**Результаты и их обсуждение.** Разработана рейтинговая система оценки знаний, умений и навыков по учебной дисциплине «Физическая культура». Предложенная система апробирована в рамках констатирующего педагогического эксперимента в период весеннего семестра 2016–2017 учебного года: изучены особенности и взаимосвязь компонентов итогового рейтинга – текущего, стартового, модульного и творческого; в рамках стартового рейтинга детализированы особенности уровня физической подготовленности (по данным ГФОК) и физического здоровья (по Г.Л. Апанасенко) студентов II курса лечебного и фармацевтического факультетов; обоснована нецелесообразность использования творческого рейтинга в условиях УО «ВГМУ»; доказана необходимость разработки дополнительного показателя рейтинговой системы – теоретического рейтинга; на основании показателей итогового рейтинга и его компонентов выявлена возможность корректировки образовательного процесса.

**Заключение.** Подтверждена целесообразность оценки учебной деятельности в рамках дисциплины «Физическая культура» посредством рейтинговой системы, установлена возможность корректировки учебного процесса на основании показателей итогового рейтинга. Экспериментальным путем определены оптимальное содержание и структура рейтинговой системы оценки знаний, умений и навыков: текущий рейтинг, теоретический рейтинг, модульный рейтинг, рубежный рейтинг.

**Ключевые слова:** рейтинговая система, учреждение высшего образования, физическая культура, студент, уровень физической подготовленности, уровень физического здоровья, контроль, оценка.

# The Discipline of Physical Training Rating System of Knowledge, Abilities and Skills: Problems and Prospects (Based on the Example of the Medical University)

D.E. Shkiryanov

*Educational Establishment «Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University»*

*One of the priorities in the management of the educational process and the organization of monitoring and evaluation activities for the academic discipline Physical Training in non-profile establishments of higher education in our country is known to be the ranking system. According to the requirements of regulatory documents, its structure should contain organizational, educational, methodological and practical criteria. However, despite the existing scientific and methodological background to the practice of physical education there is no corresponding rating system for the assessment of knowledge and skills on the discipline Physical Training which could in full meet modern requirements of the current legislation institutions of higher education. The article presents one of the approaches to the solution of this problem: the theoretical «model» of the rating system is proposed; the results of its experimental justification in the conditions of the medical university are reflected.*

*The purpose of the study is the development and experimental substantiation of the Physical Training rating system of evaluation of knowledge and skills at the medical university.*

**Material and methods.** *The pedagogical study took place in two stages (2016–2017) on the basis of EE «Vitebsk State Medical University» in the framework of the research topics of the Department of Physical Training, «Establishing the effect of students' health rating on the rating of their academic performance» (№ GR 20163400 8.09.2016). It was attended by 977 female majoring in 1-79 01 01 Medical Care and 1-79 01 08 Pharmacy, attributed according to the state of health to the main and preparatory medical groups.*

*The following research methods were used in the work: analysis and synthesis of scientific and methodological literature, content analysis, control tests of physical fitness and level of development, anthropometry, indices and functional tests, pedagogical experiment (stating), mathematical and statistical methods.*

**Findings and their discussion.** *The rating system of the assessment of knowledge, abilities and skills on the academic discipline Physical Training is developed. The proposed system has been tested in the framework of the stating pedagogical experiment during the spring semester of 2016–2017 academic year: the features and the relationship of the components of the final rating – current, starting, modular and creative; within the starting rating features of the level of second year medical and pharmaceutical students' physical fitness and physical health (by G.L. Apanasenko) were identified; to use the creative rating in the conditions of EE «VSMU» proved to be inappropriate; it is proved that it is necessary to develop an additional indicator of the rating system – theoretical rating; based on the indicators of the final rating and its components, the possibility of adjusting the educational process is revealed.*

**Conclusion.** *The expediency of an assessment of the academic activity within the discipline Physical Training by means of the rating system is confirmed; the possibility of correction of the educational process on the basis of indicators of the final rating is established. The optimal content and structure of the rating system of knowledge, skills and abilities assessment is determined experimentally: current rating, theoretical rating, modular rating, boundary rating.*

**Key words:** *rating system, establishment of higher education, physical education, student, physical fitness level, physical health level, control, assessment.*

Согласно данным статистического комитета Республики Беларусь за 2017 год, в стране функционирует 51 учреждение высшего образования (УВО), из них государственной формы собственности 30 университетов, 9 академий и 4 института, в которых обучается более 313 тысяч студентов [1; 2]. По данным Министерства здравоохранения 60–70% из них имеют те или иные отклонения в состоянии здоровья, основной причиной которых остаются гиподинамия и гипокинезия [3]. При этом в контексте рассматриваемой проблемы особого внимания заслуживают студенты-медики, интенсивность учебной деятельности которых существенно отличается от ряда других специальностей [4]. Следует отметить, что подобная ситуация характерна не только для нашей республики, но и других стран постсоветского пространства. Результаты исследований Г.П. Грибана, Т.Б. Кутека (2004), А. Драчука (2005), Е. Давиденко (2005), Л. Долженко (2008), Е.Г. Ткачук (2017) убедительно доказывают, что высокие умственные нагрузки на фоне дефицита двигательной активности отрицательно сказываются на состоянии здоровья учащихся вузов Украины. В Российской Федерации ежегодно происходит увеличение числа студентов, относящихся по состоянию здоровья к специальному медицинскому отделению (В.А. Коваленко, 2002; С.А. Марчук, 2004; С.С. Халикова, 2010). Подобное наблюдается в Казахстане, где процесс обучения в вузе связан с уменьшением двигательной активности, что закономерно приводит к снижению умственной и физической работоспособности студентов (С.Н. Михайлова, Т.В. Никулина, 2009; Ш.Б. Молдагалиева, 2009).

Исходя из сложившейся ситуации закономерно, что в УВО нашей страны физическое воспитание обучающихся является обязательным при получении высшего образования I ступени в дневной форме получения об-

разования (пункт 7 статьи 32 Закона Республики Беларусь «О физической культуре и спорте», № 125-3 от 4 января 2014 г.) и преимущественно осуществляется в виде учебных занятий по дисциплине «Физическая культура». Необходимость укрепления здоровья молодежи на фоне стремления к интеграции образовательного процесса с целью вхождения в состав единого европейского пространства способствует преобразованию действующей системы физического воспитания путем внедрения современных и наиболее эффективных педагогических технологий, в частности проблемно-модульного обучения. В этой связи для оптимального управления образовательным процессом и надлежащей организации контрольно-оценочной деятельности специалисты единогласно сходятся во мнении о целесообразности использования рейтинговой системы оценки учебной деятельности по дисциплине «Физическая культура» [5]. В настоящее время доказана эффективность ее применения с точки зрения стимулирования студентов УВО к занятиям физической культурой (М.М. Старченко, 2005; А.И. Загравская, 2007; А.И. Наумов, 2014), активизации их познавательной работы (Д.В. Бронин, 2013), а также развития дистанционно образовательных технологий (В.А. Корытов, 2013). Вместе с тем сохраняется разноречивость подходов к унификации структуры и содержания такой системы в УВО медицинского профиля, в соответствии с требованиями действующего законодательства [6–12].

Исходя из анализа научно-методической литературы и нормативно-правовых документов очевидно, что общая оценка успеваемости по физическому воспитанию студентов на уровне программных требований в своей структуре должна содержать *организационные, общеобразовательные, методические и практические критерии*. При этом для диагностики сформированности компетенций должны применяться критериально-ориентировочные тесты оценки теоретического и методико-теоретического уровня подготовленности, контрольные тесты физической подготовленности (ГФОК) и физического развития, итоговые результаты спортивной деятельности [5]. До настоящего времени в теории и практике физической культуры нами не выявлена соответствующая рейтинговая система, в полном объеме отвечающая требованиям типовой учебной программы по дисциплине «Физическая культура» (2017, № ТД-СГ 025/тип), что предопределило цель нашего исследования.

Цель статьи – разработка и экспериментальное обоснование рейтинговой системы оценки знаний, умений и навыков по учебной дисциплине «Физическая культура» в УВО медицинского профиля.

**Материал и методы.** Педагогическое исследование было организовано в два этапа (2016–2017 гг.) на базе УО «ВГМУ» в рамках инициативной темы НИР кафедры физической культуры – «Установить влияние рейтинга здоровья студентов на рейтинг их успеваемости» (№ ГР 20163400 от 8.09.2016). *Первый этап* предусматривал теоретическую разработку «Рейтинговой системы знаний, умений и навыков студентов УО «ВГМУ» по учебной дисциплине «Физическая культура»» (РТС) с учетом действующего законодательства и особенностей организации образовательного процесса. На *втором этапе*, в весеннем семестре 2016–2017 учебного года, осуществлялась организация констатирующего педагогического эксперимента, направленного на апробацию предложенной РТС в физическом воспитании студентов-медиков. В нем приняли участие 977 студентов-девушек, обучающихся по специальностям 1-79 01 01 «Лечебное дело», 1-79 01 08 «Фармация» и отнесенных по состоянию здоровья к основной (387<sub>лф</sub> и 197<sub>фф</sub>) и подготовительной (250<sub>лф</sub> и 143<sub>фф</sub>) медицинским группам.

Для достижения поставленной цели использовались следующие *методы исследования*: анализ и синтез научно-методической литературы, контент-анализ, контрольные тесты физической подготовленности и уровня развития, антропометрия, индексы и функциональные пробы, педагогический эксперимент (констатирующий), математико-статистические методы.

**Результаты и их обсуждение.** В рамках первого этапа исследования установлено, что рейтинг – это индивидуальный кумулятивный (накопительный) показатель (количество баллов), характеризующий полноту и качество изучения студентом учебной дисциплины. РТС оценки знаний, умений и навыков обучающихся должна представлять собой свод правил и положений, в которой количественно, путем накопления условных единиц (баллов), оцениваются результаты учебной деятельности студентов по дисциплине, в частности «Физическая культура». Влияя на процесс обучения, она должна обеспечивать тесную взаимосвязь контроля обучения с объективизацией оценки знаний, умений и навыков [6–12]. По этой причине, с учетом требований нормативно-правовых документов на 2016 г., нами была предложена РТС оценки знаний, умений и навыков по учебной дисциплине «Физическая культура», представленная суммой *итогового рейтинга* (ИР) за семестр (РС № 3771710549 от 03.01.2017 г.).

ИР за семестр – сумма баллов текущего, стартового (осенний семестр), рубежного (весенний семестр), модульного и творческого рейтингов (рис. 1). Максимальная сумма 100 баллов, рассчитывается по формулам 1 и 2.

$$\text{ИР (осенний семестр)} = \text{Рт} + \text{Рст} + \text{Рм} + \text{Ртв}, \quad (1)$$

$$\text{ИР (весенний семестр)} = \text{Рт} + \text{Рруб} + \text{Рм} + \text{Ртв}, \quad (2)$$

где Рт – текущий рейтинг; Рст – стартовый рейтинг; Рруб – рубежный рейтинг; Рм – модульный рейтинг; Ртв – творческий рейтинг.



Рис. 1. Структура итогового рейтинга по учебной дисциплине «Физическая культура» в непрофильном УВО

$R_t$  – сумма баллов, отражающая количество посещенных студентом занятий в семестре. Максимальная сумма  $R_t$  20 баллов, рассчитывается по формуле 3.

$$R_t = \frac{\text{кол-во посещенных занятий} \times 100}{\text{общее кол-во занятий в семестре}} \times 0,2 . \quad (3)$$

$R_{ст}$  – сумма баллов оценки уровня физической подготовленности (УФП) и физического здоровья по Г.Л. Апанасенко (УФЗ) в начале учебного года (осенний семестр).  $R_{руб}$  – сумма баллов оценки УФП и УФЗ в конце учебного года (весенний семестр). Максимальная сумма 40 баллов, рассчитываются по формуле 4.

$$R_{ст} (R_{руб}) = (УФП \times 0,33) + (УФЗ \times 1,5). \quad (4)$$

Согласно требованиям типовой учебной программы «Физическая культура» (№ ТД-СГ. 014/тип., 2008), у студентов основного и подготовительного учебных отделений оценка УФП осуществлялась на основании результатов следующих контрольных тестов: бег на 100 м, с; бег на 500 м, мин/с; прыжок в длину с места, см; поднятие туловища из исходного положения лежа на спине за 1 мин, кол-во раз; наклон вперед из исходного положения «сидя на полу», см; челночный бег 4×9 м, с.

$R_m$  – количество баллов, набранных студентом по итогам контрольно-зачетных упражнений (зачетных заданий), а также оценки знаний (реферат, тестирование и др.), в рамках модулей учебной дисциплины в период конкретного семестра. Максимальная сумма 20 баллов, рассчитывается по формуле 5.

$$R_m = \frac{\text{кол-во посещенных занятий} \times 100}{\text{общее кол-во занятий в семестре}} \times 0,2 . \quad (5)$$

$R_{тв}$  – сумма баллов, отражающая эффективность внеаудиторной работы студентов: участие в СНО, подготовка докладов, выступление на конференциях, участие в региональных и республиканских конкурсах студенческих научных работ, участие в физкультурно-оздоровительных и спортивно-массовых мероприятиях. Данная форма не является обязательной для всех, исходя из этого баллы, начисленные за эту работу, являются дополнительными и могут составлять до 20% от ИР.

Ввиду большого количества расчетных показателей ИР, необходимости их сравнения с центильными шкалами и модельными характеристиками, в практической деятельности кафедры физической культуры  $R_{тв}$  использовалась в виде запрограммированного документа Microsoft Excel, что существенно упростило подсчет результатов. Полученные таким образом данные констатирующего педагогического эксперимента были обработаны методом математической статистики, систематизированы и представлены в виде табл. 1 и рис. 2.

Рейтинговые показатели по учебной дисциплине «Физическая культура» студентов-девушек  
УО «ВГМУ» I–IV курсов (по данным ППС кафедры физической культуры УО «ВГМУ»)

Показатель	Курс	Основное отделение					Значимость различий	Подготовительное отделение				
		n	W	Me	Процентили			p	n	W	Me	Процентили
					25-й	75-й	25-й					75-й
<b>Лечебный факультет</b>												
<b>Текущий рейтинг</b> (посещение)	I курс	95	0,16*	20,00	20,00	20,00	U=3813,50; p>0,05	103	0,23	20,00	20,00	20,00
	II курс	142	0,46*	20,00	20,00	20,00	U=4149,50; p>0,05	64	0,52*	20,00	18,95	20,00
	III курс	89	0,32*	20,00	20,00	20,00	U=3768,50; p>0,05	34	0,51*	20,00	18,16	20,00
	IV курс	61	0,30*	20,00	20,00	20,00	U=2104,00; p>0,05	49	0,55*	20,00	18,92	20,00
<b>Стартовый рейтинг</b> (УФП+УФЗ)	I курс	95	0,99	17,56	13,92	22,05	U=3728,50; p>0,05	103	0,97*	18,24	13,59	23,40
	II курс	142	0,95*	20,76	13,2	26,19	<b>U=3915,00; p&lt;0,05</b>	64	0,99	15,90	10,47	20,10
	III курс	89	0,82*	21,06	13,05	27,24	U=3284,00; p>0,05	34	0,67*	18,14	13,19	23,07
	IV курс	61	0,96	21,90	13,74	27,42	<b>U=1081,00; p&lt;0,05</b>	49	0,94*	16,85	10,44	20,58
<b>Модульный рейтинг</b> (контрольные нормативы)	I курс	95	0,68*	20,00	16,00	20,00	U=3163,00; p>0,05	103	0,61*	20,00	16,67	20,00
	II курс	142	0,64*	20,00	15,00	20,00	U=4453,50; p>0,05	64	0,58*	20,00	16,67	20,00
	III курс	89	0,49*	20,00	12,67	20,00	U=4244,50; p>0,05	34	0,50*	20,00	12,00	20,00
	IV курс	61	0,83	16,00	4,00	16,67	U=2550,00; p>0,05	49	0,60*	13,33	4,00	20,00
<b>Творческий рейтинг</b> (соревнования и др.)	I курс	95	0,08*	0,00	0,00	0,00	U=4610,50; p>0,05	103	0,25*	0,00	0,00	0,00
	II курс	142	0,11*	10,00	0,00	0,00	U=5565,00; p>0,05	64	0,16*	0,00	0,00	0,00
	III курс	89	0,41*	0,00	0,00	0,00	U=3394,00; p>0,05	34	0,29*	0,00	0,00	0,00
	IV курс	61	0,94*	0,00	0,00	0,00	U=1878,00; p>0,05	49	0,98	0,00	0,00	0,00
<b>ИТОГОВЫЙ РЕЙТИНГ</b>	I курс	95	0,92*	52,09	43,95	59,26	U=3689,00; p>0,05	103	0,82*	55,09	48,38	61,62
	II курс	142	0,88*	57,37	45,81	62,89	<b>U=4421,50; p&lt;0,05</b>	64	0,74*	51,64	48,88	56,56
	III курс	89	0,94	57,76	50,14	66,40	U=2724,50; p>0,05	34	0,95	57,05	50,37	61,83
	IV курс	61	0,58	48,10	34,46	61,73	U=1525,00; p>0,05	49	0,53*	45,34	40,36	52,31
<b>Фармацевтический факультет</b>												
<b>Текущий рейтинг</b> (посещение)	I курс	51	0,65*	20,00	8,00	20,00	U=1036,50; p>0,05	26	0,59*	20,00	19,21	20,00
	II курс	48	0,42*	20,00	20,00	20,00	U=555,00; p>0,05	34	0,70*	20,00	17,89	20,00
	III курс	58	0,34*	20,00	18,42	20,00	U=1261,00; p>0,05	49	0,24*	20,00	19,50	20,00
	IV курс	40	0,73*	19,41	18,82	20,00	<b>U=196,00; p&lt;0,05</b>	34	0,22*	20,00	20,00	20,00
<b>Стартовый рейтинг</b> (УФП+УФЗ)	I курс	51	0,62*	18,24	4,23	23,25	<b>U=965,50; p&lt;0,05</b>	26	0,65*	21,99	11,33	27,23
	II курс	48	0,94*	23,90	17,99	29,13	<b>U=426,00; p&lt;0,05</b>	34	0,92*	20,25	1,98	22,41
	III курс	58	0,94*	20,48	14,25	27,24	U=1218,00; p>0,05	49	0,68*	22,07	17,22	28,56
	IV курс	40	0,97	21,60	17,07	25,08	t=0,26; p>0,05	34	0,97	23,85	19,41	26,58
<b>Модульный рейтинг</b> (контрольные нормативы)	I курс	51	0,67*	20,00	20,00	101,00	U=990,50; p>0,05	26	0,70*	20,00	16,00	101,00
	II курс	48	0,53*	20,00	20,00	20,00	<b>U=366,00; p&lt;0,05</b>	34	0,85*	16,67	13,33	20,00
	III курс	58	0,55*	20,00	20,00	20,00	<b>U=677,50; p&lt;0,05</b>	49	0,41*	16,33	16,00	20,00
	IV курс	40	0,90*	8,00	4,00	16,00	<b>U=144,50; p&lt;0,05</b>	34	0,89*	8,00	4,00	16,00
<b>Творческий рейтинг</b> (соревнования и др.)	I курс	51	0,72*	0,00	0,00	0,00	U=1157,50; p>0,05	26	0,88*	0,00	0,00	0,00
	II курс	48	0,52*	0,00	0,00	0,00	<b>U=465,00; p&lt;0,05</b>	34	0,64*	0,00	0,00	0,00
	III курс	58	0,55*	0,00	0,00	0,00	U=1326,00; p>0,05	49	0,30*	0,00	0,00	0,00
	IV курс	40	0,73*	0,00	-0,60	0,00	U=203,00; p>0,05	34	0,55*	0,00	-0,30	0,00
<b>ИТОГОВЫЙ РЕЙТИНГ</b>	I курс	51	0,83*	61,65	48,73	102,00	U=843,00; p>0,05	26	0,60*	65,74	56,14	101,00
	II курс	48	0,96	62,33	56,59	68,64	<b>t=5,45; p&lt;0,05</b>	34	0,97	51,26	37,47	58,41
	III курс	58	0,91*	61,24	54,73	67,57	U=1018,50; p>0,05	49	0,87*	60,49	53,54	65,58
	IV курс	40	0,90	48,26	46,48	60,69	t=1,48; p>0,05	34	0,99	58,25	52,55	63,91

Примечание: W – показатели критерия Шапиро–Уилка, t – критерий Стьюдента для независимых выборок, U – критерий Манна-Уитни, \* – значимость различий на уровне p<0,05.

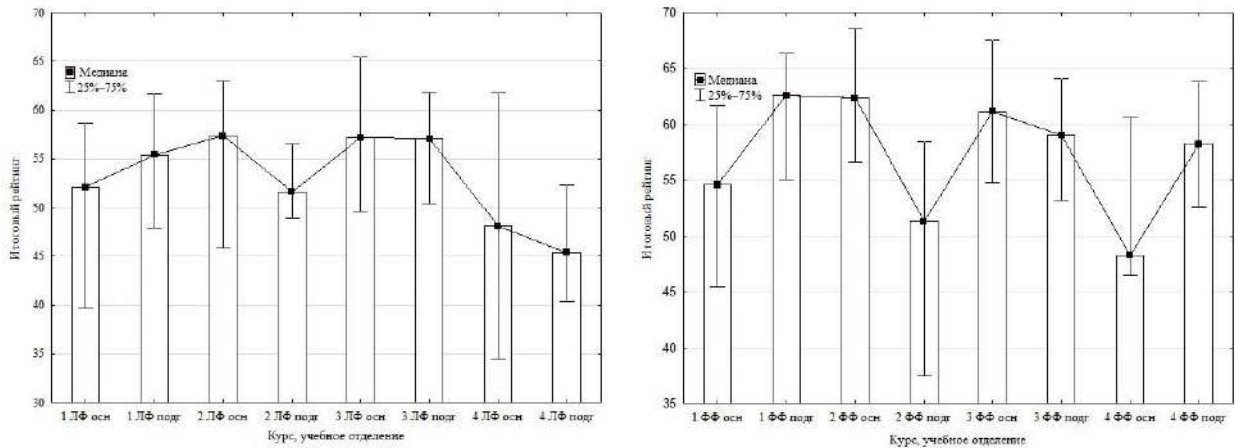


Рис. 2. Итоговый рейтинг (в баллах) студентов-девушек лечебного и фармацевтического факультетов основного и подготовительного учебных отделений I–IV курсов

Установлено, что в большинстве случаев как у студентов лечебного, так и фармацевтического факультета показатель ИР находился в пределах среднего и выше среднего уровней успеваемости. Так, у девушек лечебного факультета он варьировал от 48,10 (IV курс) до 57,76 (III курс) балла в основном учебном отделении и от 45,34 (IV курс) до 57,05 (III курс) в подготовительном, при этом значимые различия были отмечены лишь у учащихся II курса ( $U=4421,50$ ;  $p<0,05$ ). На фармацевтическом факультете рассматриваемый показатель был выше и у основного отделения находился в диапазоне от 48,26 (IV курс) до 62,33 (II курс) балла, в подготовительном от 51,26 (II курс) до 65,74 (I курс) – значимые различия выявлены только у студентов II курса ( $t=5,45$ ;  $p<0,05$ ).

Внимания заслуживают различия в показателях Рст у студентов основного и подготовительного отделений. В ряде случаев они весьма существенны: II курс – 20,76<sub>осн</sub> и 15,90<sub>подг</sub> балла ( $U=3915,00$ ;  $p<0,05$ ); IV курс – 21,90<sub>осн</sub> и 16,85<sub>подг</sub> балла ( $U=1081,00$ ;  $p<0,05$ ) на лечебном факультете, а также I курс – 18,24<sub>осн</sub> и 21,99<sub>подг</sub> балла ( $U=965,50$ ;  $p<0,05$ ); II курс – 23,90<sub>осн</sub> и 20,25<sub>подг</sub> ( $U=426,00$ ;  $p<0,05$ ) на фармацевтическом. По нашему мнению, сложившаяся ситуация вполне закономерно обусловлена тем, что подготовительное отделение формируется из числа студентов, имеющих низкий уровень физического развития и физической подготовленности [7]. Подобная ситуация наблюдается и с показателями Рм, где у студентов основного отделения выявлены более высокие значения, при этом на фармацевтическом факультете у учащихся II курса – 20,00<sub>осн</sub> и 16,67<sub>подг</sub> ус.ед. ( $U=366,00$ ;  $p<0,05$ ), III курса – 20,00<sub>осн</sub> и 16,33<sub>подг</sub> ус.ед. ( $U=677,50$ ;  $p<0,05$ ) и IV курса – 8,00<sub>осн</sub> и 8,00<sub>подг</sub> ус.ед. ( $U=144,50$ ;  $p<0,05$ ) они наиболее существенны. Необходимо отметить, что результаты корреляционного анализа показателей Ртс в большинстве случаев констатировали умеренный и высокий уровень статистической связи ИР с Рст и Рм и практически полное отсутствие статистически значимой связи с показателями Ртв (табл. 2).

Таблица 2

**Фрагмент результатов корреляционного анализа (по Спирмену) показателей рейтинговой оценки знаний, умений и навыков по дисциплине «Физическая культура»**

1 ЛФ основное отделение						1 ЛФ подготовительное отделение					
Показатель	Рт	Рст	Рм	Твр	Ир	Показатель	Рт	Рст	Рм	Твр	Ир
Рт		-0,05	0,25*	0,03	0,23*	Рт		-0,12	0,32*	0,09	0,20*
Рст	-0,05		0,13		0,66*	Рст	-0,12		0,01	-0,15	0,70*
Рм	0,25*	0,13		0,09	0,67*	Рм	0,32*	0,01		0,18	0,45*
Ртв	0,03		0,09		-0,12	Ртв	0,09	-0,15	0,18		-0,02
Ир	0,23*	0,66*	0,67*	-0,12		Ир	0,20*	0,70*	0,45*	-0,02	
2 ЛФ основное отделение						2 ЛФ подготовительное отделение					
Показатель	Рт	Рст	Рм	Твр	Ир	Показатель	Рт	Рст	Рм	Твр	Ир
Рт		-0,05	0,24*	0,12	-0,01	Рт		-0,35*	0,44*	0,13	0,10
Рст	-0,05		0,01	0,87*	0,13	Рст	-0,35*		-0,21	-0,13	0,76*
Рм	0,24*	0,01		0,37*	0,13	Рм	0,44*	-0,21		0,11	0,04
Ртв	-0,05	0,05	-0,01		-0,08	Ртв	0,13	-0,13	0,11		-0,06
Ир	0,12	0,87*	0,37*	0,01		Ир	0,10	0,76*	0,04	-0,06	

**Примечание:** \* значимость различий на уровне  $p<0,05$ ; значение коэффициента менее 0,30 – слабая теснота связи, от 0,31 до 0,69 – умеренная теснота связи, 0,70 до 0,99 – высокая тесноты связи.

Исходя из необходимости регулярного мониторинга показателей состояния здоровья и физического развития студенческой молодежи, с целью надлежащего планирования, своевременной корректировки образовательного процесса, а также соответствующего формирования учебных отделений, особый интерес представляют результаты Рст. В контексте данного исследования целесообразно рассмотреть возможность мониторинга показателей УФП и УФЗ (Рст) на примере студентов II курса лечебного и фармацевтического факультетов (табл. 3, рис. 3).

Таблица 3

**Показатели стартового рейтинга студентов-девушек II курса лечебного и фармацевтического факультетов (фрагмент исследований)**

Показатель	Основное отделение, n=142					Значимость различий, p	Подготовительное отделение, n=64				
	W	Me	Процентили		Уровень		W	Me	Процентили		Уровень
			25-й	75-й					25-й	75-й	
<b>Лечебный факультет</b>											
Рст	0,95*	20,76	13,20	26,19	–	<b>U=3915,00; p&lt;0,05</b>	0,99	15,90	10,47	20,10	–
100 м, с	0,95*	17,00	16,50	18,00	ниже ср.	<b>U=3704,00; p&lt;0,05</b>	0,98	17,70	16,75	18,50	низкий
500 м, с	0,89*	138,00	125,00	148,00	ниже ср.	<b>U=3496,50; p&lt;0,05</b>	0,88*	143,00	127,50	155,00	низкий
Длина, см	0,99	171,00	164,00	180,00	средний	U=3601,00; p>0,05	0,92*	170,00	152,00	180,00	средний
Пресс, раз	0,95*	54,00	50,00	55,00	выше ср.	<b>U=2212,00; p&lt;0,05</b>	0,97	45,00	41,00	52,00	средний
Наклон, см	0,99	15,00	10,00	19,00	средний	<b>U=2851,50; p&lt;0,05</b>	0,95*	11,00	5,00	14,00	ниже ср.
4x9 м, с	0,97*	10,50	10,20	10,80	выше ср.	<b>U=2458,50; p&lt;0,05</b>	0,97	11,00	10,50	11,50	средний
УФП, балл	0,90*	31,00	24,00	36,00	средний	<b>U=3550,50; p&lt;0,05</b>	0,98	22,00	14,50	28,50	ниже ср.
ИМТ, ус.ед.	0,96*	345,10	323,44	371,34	средний	U=4036,50; p>0,05	0,94*	344,88	320,99	392,86	средний
ЖИ, ус.ед.	0,83*	47,53	41,16	54,38	средний	U=4026,00; p>0,05	0,94*	47,47	39,47	52,68	средний
СИ, ус.ед.	0,84*	48,00	40,63	54,17	средний	U=4294,00; p>0,05	0,93*	46,47	42,00	53,57	средний
ИР, ус.ед.	0,79*	84,00	17,43	95,45	выше ср.	<b>U=3214,50; p&lt;0,05</b>	0,87*	90,00	80,40	99,00	средний
Мартинь, усед.	0,74*	60,00	59,00	90,00	высокая	<b>U=2741,00; p&lt;0,05</b>	0,91*	90,00	88,50	114,50	выше ср.
УФЗ, баллы	0,97*	8,00	4,00	11,00	ниже ср.	<b>U=3135,50; p&lt;0,05</b>	0,98	6,00	3,00	8,00	ниже ср.
<b>Фармацевтический факультет</b>											
Рст	0,94	23,90	17,99	29,13	–	<b>U=426,00; p&lt;0,05</b>	0,92*	20,25	1,98	22,41	–
100 м, с	0,88*	17,40	16,65	17,90	ниже ср.	U=794,50; p>0,05	0,90	17,40	16,40	18,50	ниже ср.
500 м, с	0,97	173,50	160,00	180,00	низкий	t=0,30; p>0,05	0,94	170,00	163,00	175,00	низкий
Длина, см	0,94*	150,00	142,50	161,00	низкий	U=713,50; p>0,05	0,96	154,50	141,50	163,50	низкий
Пресс, раз	0,91*	45,00	43,00	51,00	средний	U=755,00; p>0,05	0,99	46,50	43,00	51,00	средний
Наклон, см	0,98	13,50	10,00	18,50	средний	U=776,50; p>0,05	0,92	14,50	9,00	17,00	средний
4x9 м, с	0,97	10,75	10,30	11,05	выше ср.	<b>t=2,22; p&lt;0,05</b>	0,94	10,90	10,30	11,80	средний
УФП, балл	0,98	26,00	22,00	32,00	ниже ср.	t=0,25; p>0,05	0,99	27,50	22,00	34,00	ниже ср.
ИМТ, ус.ед.	0,93*	327,10	310,01	351,03	средний	U=701,50; p>0,05	0,82*	337,50	303,57	354,04	средний
ЖИ, ус.ед.	0,85*	53,10	46,31	58,80	выше ср.	U=736,50; p>0,05	0,98	51,85	46,15	59,82	средний
СИ, ус.ед.	0,78*	48,68	44,44	52,68	средний	U=652,50; p>0,05	0,97	50,98	42,62	55,67	средний
ИР, ус.ед.	0,81*	83,40	17,63	97,85	выше ср.	<b>U=452,50; p&lt;0,05</b>	0,87*	97,90	85,80	106,80	ниже ср.
Мартинь, усед.	0,75*	84,00	58,00	89,00	выше ср.	U=464,00; p>0,05	0,77*	78,00	58,00	88,00	выше ср.
УФЗ, баллы	0,96	9,00	7,00	12,50	ниже ср.	<b>t=3,71; p&lt;0,05</b>	0,97	7,00	3,00	10,00	ниже ср.

**Примечание:** W – показатели критерия Шапиро–Уилка, t – критерий Стьюдента для независимых выборок, U – критерий Манна–Уитни, \* – значимость различий на уровне p<0,05; ИМТ – индекс массы тела; ЖИ – жизненный индекс; СИ – силовой индекс; ИР – индекс Робинсона.

Анализ полученных эмпирических данных УФП и УФЗ (Рст) показал следующее. У девушек лечебного факультета основного отделения рассматриваемые показатели существенно выше, чем у сверстниц подготовительного: 31,00<sub>УФП</sub> (средний уровень) и 8,00<sub>УФЗ</sub> (уровень ниже среднего) балла относительно 22,00<sub>УФП</sub> (уровень ниже среднего) и 6,00<sub>УФЗ</sub> (уровень ниже среднего). При этом у испытуемых обеих групп наблюдался неудовлетворительный уровень развития скоростных способностей и выносливости, представленных показателями в беге на 100 и 500 м: 17,10 с<sub>осн</sub> и 17,70 с<sub>подг</sub> (U=3704,00; p<0,05), а также 138,00 с<sub>осн</sub> и 143,00 с<sub>подг</sub>, соответственно (U=3496,50; p<0,05). Следует отметить, что данные показатели имеют существенную корреляционную связь с

УФП:  $r_{100м}=0,79$ ;  $p<0,05$ ,  $r_{500м}=0,54$ ;  $p<0,05$  в основном отделении и  $r_{100м}=0,76$ ;  $p<0,05$ ,  $r_{500м}=0,58$ ;  $p<0,05$  в подготовительном. На удовлетворительном уровне в обоих отделениях находится уровень развития скоростно-силовых способностей, выраженный показателем прыжка в длину ( $p>0,05$ ), имеющим высокую статистическую связь с УФП:  $r_{прыжок}=0,77$ ;  $p<0,05$  в основном и  $r_{прыжок}=0,66$ ;  $p<0,05$  в подготовительном. На должном уровне находятся показатели развития силы, координации и гибкости, однако в основном отделении они существенно выше относительно подготовительного, 54,00<sub>осн</sub> и 45,00<sub>подг</sub> (U=2212,00;  $p<0,05$ ), 10,50<sub>осн</sub> и 11,00<sub>подг</sub> (U=2458,50;  $p<0,05$ ), 15,00<sub>осн</sub> и 11,00<sub>смподг</sub> (U=2851,50;  $p<0,05$ ).

Показатели ИМТ, ЖИ и СИ всех испытуемых соответствуют среднему уровню при отсутствии статистически значимых различий у студентов основного и подготовительного отделений ( $p>0,05$ ). Отмечены существенные различия в показателях пробы Мартине 60<sub>осн</sub> и 90,00<sub>подг</sub> ус.ед. (U=2741,00;  $p<0,05$ ) и ИР 84,00<sub>осн</sub> и 90,00<sub>подг</sub> ус.ед. соответственно (U=3214,50;  $p<0,05$ ). Следует отметить, что данные показатели, характеризующие состояние общей работоспособности кардиореспираторной системы и обменно-энергетических процессов в целом, имеют наиболее выраженные статистические связи с УФ3: проба Мартине  $r=0,52_{осн}$ ,  $p<0,05$ ;  $r=0,69_{подг}$ ,  $p<0,05$  и ИР  $r=0,37_{осн}$ ,  $p<0,05$ ;  $r=0,54_{подг}$ ,  $p<0,05$ . По совокупности результаты исследования согласуются с данными научно-методической литературы и констатируют более высокий УФП и УФ3 студентов-медиков основного учебного отделения (К.Ю. Романов, А.М. Трофименко, 2015), определяя тем самым основные направления планирования учебного материала на 2017–2018 учебный год.

Вместе с тем у студентов фармацевтического факультета в показателях УФП и УФ3 выявлен ряд неоднозначных фактов, ввиду которых вероятнее всего требуется усиление контроля за качеством организации учебных занятий и сдачи контрольных нормативов. Так, в учебных отделениях отсутствуют статистически значимые различия во всех контрольных упражнениях за исключением челночного бега 4×9 м: 10,75<sub>осн</sub> относительно 10,90<sub>подг</sub> (U=452,50;  $p<0,05$ ). При этом наблюдаются низкие результаты в беге на 100 и 500 м, прыжке в длину с места, отсутствуют значимые различия в УФП 26,00<sub>осн</sub> и 27,50<sub>подг</sub> ( $t=0,25$ ;  $p>0,05$ ) и УФ3 9,00<sub>осн</sub> и 7,00<sub>подг</sub> ( $t=3,71$ ;  $p<0,05$ ). Таким образом, предложенная РтС определяет «контрольные точки», необходимые для обеспечения результативности и управления образовательным процессом по дисциплине «Физическая культура» в соответствии с требованиями системы менеджмента качества, а также типовой программы для УВО.

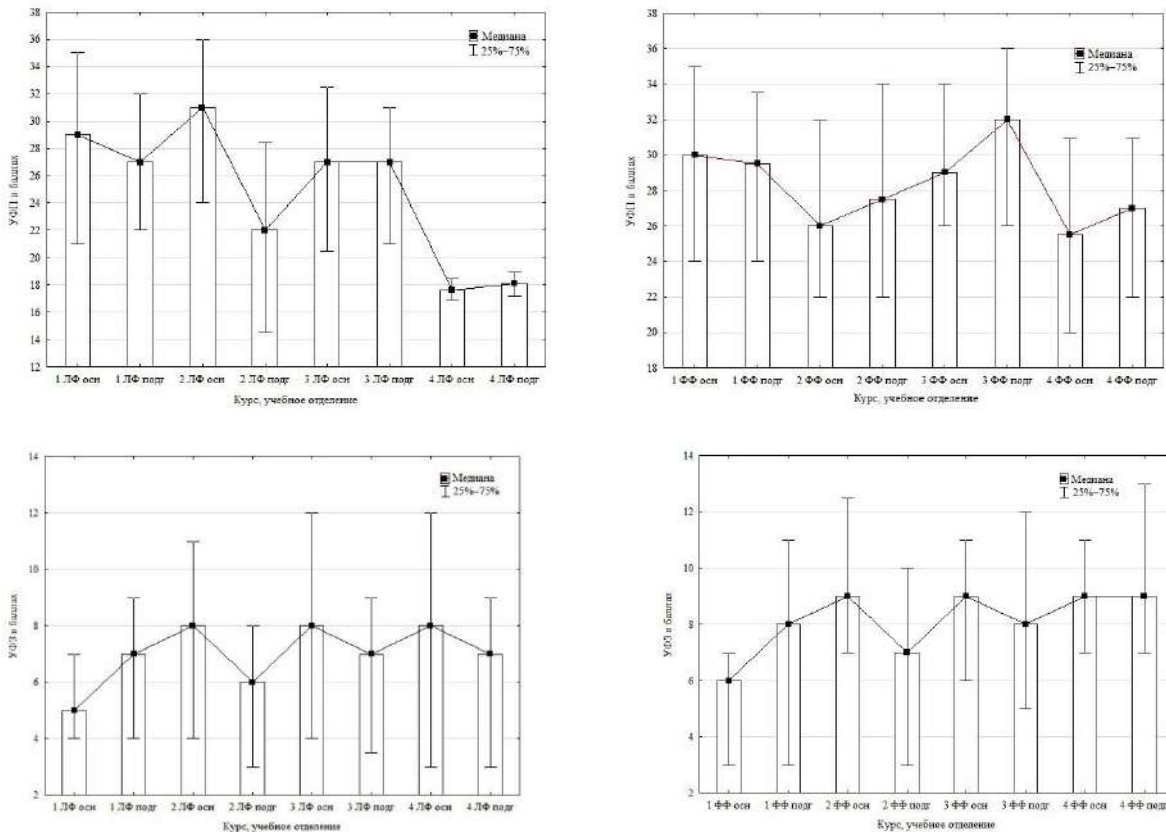


Рис. 3. Уровень физической подготовленности и физического здоровья (по Г.Л. Апанасенко) студентов-девушек I–IV курсов лечебного и фармацевтического факультетов

По итогам обобщения результатов исследования, с учетом обновления в 2017 г. нормативно-правового обеспечения учебной дисциплины «Физическая культура» в УВО, были сформулированы основные критические положения предложенной РТС и определены пути решения:

1. По нашему мнению, основные причины низкого уровня Ртв заключаются в следующем: невысокая численность студентов в кафедральном СНО ввиду большой популярности СНО клинических кафедр; отсутствие круглогодичной университетской спартакиады среди студентов основного и подготовительного учебных отделений. Исходя из этого считаем целесообразным исключить Ртв из обязательных компонентов ИР.

2. Средние показатели Рст, в большинстве случаев объясняются стойкой тенденцией снижения состояния здоровья студенческой молодежи, отсутствием мотивации к сдаче нормативов по оценке УФП и УФЗ. Ввиду последнего считаем целесообразным изменение содержания контрольного тестирования УФП и зачетных требований в соответствии с учебной программой «Физическая культура» для УВО 2017 г. (установление минимальных норм оценки), регулярное изучение интересов студенческой молодежи в области физической культуры посредством онлайн анкетирования в рамках дистанционного обучения (google forms (google classroom); анкета moodle и др.), ежегодную корректировку программного материала с учетом показателей Рст (УФП и УФЗ) и Рм [5].

3. Выявлена необходимость разработки и включения в ИР четкого и объективного показателя общеобразовательного критерия оценки усвоения студентом физкультурных знаний, отражающих эффективность усвоения теоретического и теоретико-методического разделов программы – теоретического рейтинга.

**Заключение.** Подтверждена целесообразность оценки учебной деятельности по дисциплине «Физическая культура» на основании рейтинговой системы, что закономерно согласуется с данными ряда научных исследований (М.М. Старченко, 2005; В.Б. Мандриков, 2011; А.В. Володин, 2014 и др.); установлена возможность корректировки учебного процесса на основании показателей ИР и его компонентов, в частности Рст (УФП и УФЗ) и Рм. В ряде случаев выявлены неоднозначные показатели УФП, которые не согласуются с УФЗ учащихся, что, вероятнее всего, обусловлено невысокой мотивацией студентов к сдаче контрольных нормативов оценки УФП и УФЗ ввиду отсутствия конкретных критериальных показателей ИР, необходимых для получения зачета с учетом курса обучения. Из-за констатации низкого уровня показателей Твр и практически полного отсутствия его корреляционной связи с ИР, а также необходимости разработки показателя, отражающего эффективность усвоения теоретического и теоретико-методического разделов программы, считаем наиболее целесообразным следующее содержание РТС (формула 6):

$$\text{ИР за семестр} = \text{Рт} + \text{Ртр} + \text{Рм} + \text{Рр} \quad (6)$$

1. Текущий рейтинг (Рт) – организационный критерий оценки успеваемости, сумма баллов, отражающая количество посещенных студентом занятий в семестре, максимальная сумма 20 баллов.

2. Теоретический рейтинг (Ртр) – общеобразовательный критерий оценки успеваемости, сумма баллов оценки усвоения теоретического (результаты интерактивных лекций) и методико-теоретического разделов учебной программы, максимальная сумма 20 баллов.

3. Модульный рейтинг (Рм) – методический критерий оценки успеваемости, сумма баллов, набранных студентами по итогам контрольно-зачетных упражнений в рамках учебных модулей, в период конкретного семестра, максимальная сумма 20 баллов.

4. Рубежный рейтинг (Рр) – практический критерий оценки успеваемости, сумма баллов оценки УФП и УФЗ (по Г.Л. Апанасенко), максимальная сумма 40 баллов. Оценка УФП осуществляется на основании следующих педагогических тестов: бег на 30 и 1500 м; прыжок в длину с места; наклон вперед; сгибание и разгибание рук в упоре лежа; поднимание туловища из положения лежа на спине за 60 с; челночный бег 4×9 м.

Экспериментальное обоснование предложенной рейтинговой системы оценки знаний, умений и навыков по учебной дисциплине «Физическая культура», а также установление критериальных показателей успеваемости являются предметом дальнейших исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Общие данные // Учреждение «Республиканский центр физического воспитания и спорта учащихся и студентов» [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: [http://sporteducation.by/obwie\\_svedeniya](http://sporteducation.by/obwie_svedeniya). – Дата доступа: 21.02.2018.
2. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2017: стат. сб. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_8024/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_8024/). – Дата доступа: 05.10.2017.
3. Укрепление здоровья детей и подростков. Справочник здоровья // Министерство здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://minzdrav.gov.by/ru/static/kultura\\_zdorovia/dvig\\_activnost/zdorovie\\_detei](http://minzdrav.gov.by/ru/static/kultura_zdorovia/dvig_activnost/zdorovie_detei). – Дата доступа: 28.04.2017.
4. Романов, К.Ю. Уровень физического здоровья студентов Белорусского государственного медицинского университета / К.Ю. Романов, А.М. Трофименко, В.А. Переверзев // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2015. – Т. 14, № 3. – 9-15. Физическая культура: типовая учебная программа для УВО: Регистрационный № ТД-СГ. 0.25 / тип. – Минск, 2017. – 33 с.
5. Физическая культура: типовая учебная программа для УВО: Регистрационный № ТД-СГ. 0.25 / тип. – Минск, 2017. – 33 с.
6. Старченко, М.М. Рейтинговая оценка как средство повышения мотивации студентов к занятиям физической культурой: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / М.М. Старченко. – Омск, 2005. – 162 с.

7. Наумов, А.И. Рейтинговая система оценок подготовленности студентов по дисциплине «Физическая культура» / И.А. Наумов // Вестник ЗабГУ. – 2014. – № 04. – С. 51–57.
8. Мандриков, В.Б. Балльно-рейтинговая система в оценке освоения курса физической культуры студентами медицинских и фармацевтических вузов: учеб.-метод. пособие / В.Б. Мандриков [и др.]. – Волгоград: ВГМУ, 2011. – 30 с.
9. Володин, А.В. Рейтинговая система оценивания как средство повышения эффективности физического воспитания студентов / А.В. Володин, М.И. Сталина // Теория и практика персонализации физического воспитания. – 2014. – № 1. – С. 59–65.
10. Исаченко, С.С. Критерии рейтинговой оценки академической успеваемости студентов / С.С. Исаченков // Сборник работ 69-й Научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета, Минск, 14–17 мая 2012 г.: в 3 ч. / Белорус. гос. ун-т; рец. Н.В. Бровка [и др.]. – Минск, 2013. – Ч. 3. – С. 133–137.
11. Луконин, Ю.В. Оценка успеваемости по дисциплине «Физическая культура» на основе модульно-рейтинговой системы: учеб. пособие / Ю.В. Луконин, А.М. Поляков, Е.И. Шеенко; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. – 216 с.
12. Физическая культура студентов непрофильных специальностей: учеб.-метод. комплекс для студентов I–IV курсов / под общ. ред. Н.И. Антипина. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – С. 365–367.

#### REFERENCES

1. *Obshchiye danniyе. Uchrezhdeniyе «Respublikanski tsentr fizicheskogo vospitaniya i sporta uchashchikhsia i studentov»* [General Information. Establishment «Republic Center of Physical Training and Sport for Schoolchildren and Students»], 2016. – Available at: [http://sporteducation.by/obwie\\_svedeniya](http://sporteducation.by/obwie_svedeniya). – Accessed: 21.02.2018.
2. *Statisticheski yezhegodnik Respubliki Belarus, 2017: statisticheski sbornik. Natsionalni statisticheski komitet Respubliki Belarus* [Statistic Annual of the Republic of Belarus, 2017. Statistic Collection. National Statistics Committee of the Republic of Belarus], 2017, Available at: [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_8024/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_8024/). – Accessed: 05.10.2017.
3. *Ukrepleniye zdoroviya detei i podrostkov. Spravochnik zdoroviya. Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Belarus* [Children's and Teenagers' Health Preservation. Health Directory. Ministry of Health of the Republic of Belarus], Available at: [http://minzdrav.gov.by/ru/static/kultura\\_zdorovia/dvig\\_activnost/zdorovie\\_detei](http://minzdrav.gov.by/ru/static/kultura_zdorovia/dvig_activnost/zdorovie_detei). – Accessed: 28.04.2017.
4. Romanov K.Yu., Trofimenko A.M., Pereverzev V.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj meditsinskoj akademii* [Journal of Smolensk State Medical Academy], 2015, 14(3), pp. 9–15.
5. *Fizicheskaya kultura: tipovaya uchebnaya programma dlia UVO: Registrats. No ТД-СГ. 0.25 / mun* [Physical Training: University Curriculum], Minsk, 2017, 33 p.
6. Starchenko M.M. *Reitingovaya otsenka kak sredstvo povysheniya motivatsii studentov k zaniyatiyam fizicheskoi kulturoi: dis. ... kand. ped. nauk* [Rating Assessment as a Means of Students' Motivation Increase in Physical Training, PhD (Education) Dissertation], Omsk, 2005, 162 p.
7. Naumov A.N. *Vestnik ZabGU* [Journal of Zab. State University], 2014, 4, pp. 51–57.
8. Mandrikov V.B. *Ballno-reitingovaya sistema v otsenke osvoyeniya kursa fizicheskoi kulturi studentami meditsinskikh i farmatsevticheskikh VUZov: Uchebno-metodicheskoye posobiye* [Score and Rating System in the Assessment of Physical Training Course Mastering by Medical and Pharmacy Students: Manual], Volgograd, VGMU, 2011, 30 p.
9. Volodin A.V., Stalina M.I. *Teoriya i praktika personalizatsii fizicheskogo vospitaniya* [Theory and Practice of Physical Training Personalization], 2014, 1, pp. 59–65.
10. Isachenkov S.S. *Sbornik rabot 69 Nauchnoi konferentsii studentov i aspirantov Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta, 14–17 maya 2012 g., Minsk* [Proceedings of the 69<sup>th</sup> Scientific Conference of Students and Postgraduates of Belarusian State University, May 14–17, 2012, Minsk], Minsk, Izd. tsentr BGU, 2013, Part 3, pp. 133–137.
11. Lukonin Yu.V., Poliakov A.M., Sheyenko E.I. *Otsenka uspevayemosti po distsipline «Fizicheskaya kultura» na osnove modulno-reitingovoi sistemy: uchebnoye posobiye* [Academic Performance Assessment in Physical Training on the Basis of the Module and Rating System: Manual], Barnaul, Izd-vo AltGTU, 2013, 216 p.
12. Antipin N.I. *Fizicheskaya kultura studentov neprofilnykh spetsialnostei: ucheb.-metod. kompleks dlia studentov I–IV kursov* [Physical Training of Students Not Majoring in Physical Training: Academic and Methodological Complex for I–IV Year Students], Novopolotsk, PGU, 2008, pp. 365–367.

Поступила в редакцию 06.03.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: shkireanov@gmail.com – Шкирьянов Д.Э.

## Некоторые аспекты формирования инженерного мышления

М.Б. Ковальчук

Винницкий национальный технический университет (Украина)

*Данная работа посвящена проблеме формирования компонентов инженерного мышления студентов в учреждениях высшего технического образования.*

*Цель статьи – исследовать у студентов-первокурсников уровни развития типов мышления, которые являются базовыми в процессе формирования компонентов инженерного мышления для их развития и формирования.*

**Материал и методы.** *Материалом служат личностные характеристики будущего выпускника технического университета, развитие которых способствует формированию компонентов инженерного мышления. Автором применялись такие методы познания, как наблюдение, аналогия, анализ, синтез, абстрагирование.*

**Результаты и их обсуждение.** *На первом этапе исследования был осуществлен подбор тестовых заданий, определен состав участников (студенты-первокурсники по направлению «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика»). На втором этапе проведен опрос студентов в форме тестирования и систематизированы результаты исследования.*

*Тестовые задания состояли из четырех блоков вопросов. Каждый блок соответствовал определенному типу мышления. Результаты выполнения заданий теста обнаружили недостаточную сформированность компонентов инженерного мышления.*

**Заключение.** *Таким образом, лишь незначительное количество студентов имеют высокий уровень развития типов мышления; самое сложное при этом работать с абстрактными образами и делать логические выводы, поскольку наименьший процент студентов имеют высокий уровень развития абстрактно-символического и словесно-логического типов мышления.*

**Ключевые слова:** инженерное мышление, профессиональная деятельность, компоненты инженерного мышления.

## Some Aspects of Shaping Engineering Thinking

M.B. Kovalchuk

Vinnytsia National Technical University (Ukraine)

*This article is devoted to the problem of shaping student engineering thinking components in higher technical education institutions.*

*The purpose of the article is to investigate levels of development of the types of the first-year student thinking which are basic in the process of shaping engineering thinking components with the view of their development and formation.*

**Materials and methods.** *The research material is the personality characteristics of would-be graduating student of the technical university – the main types of thinking, the development of which contributes to shaping engineering thinking components. In the process of the research, such methods of study as observation, analogy, analysis, synthesis, abstraction, etc. were used.*

**Findings and their discussion.** *At the first research stage the choice of test tasks was made, the participants were identified (first-year students majoring in Electrical Power, Electrical Technology and Electrical Mechanics). A questionnaire of the students in the form of tests was conducted at the second stage, the research findings were systematized.*

*The test tasks comprised four blocks of questions. Each block of questions corresponds to a certain type of thinking. The test results indicated an insufficient level of engineering thinking development.*

**Conclusion.** *The research findings showed that only a small number of students have a high level of thinking types development; the most difficult for students is to work with abstract images and draw logical conclusions, since a very small percentage of students have a high level of abstract-symbolic and verbal-logical types of thinking.*

**Key words:** engineering thinking, professional activity, components of engineering thinking.

**Р**азвитое инженерное мышление является одной из важных компонент успешной профессиональной деятельности будущего инженера. Мышление как специфическая психическая деятельность обеспечивает отображение и творческое преобразование явлений инженерного проектирования [1]. Сформированность этого вида мышления во многом определяется качеством образовательного процесса на этапе профессионального становления личности в процессе подготовки в учреждениях высшего образования.

Исследовались различные аспекты формирования компонент инженерного мышления, в частности:

– особенности формирования инженерного мышления в высших технических учебных заведениях;

– особенности развития технического мышления студентов средних специальных учебных заведений на основе межпредметных интеграций;

– были определены концептуальные основы формирования инженерного мышления в процессе обучения основам теории технических систем;

– проведен логико-методологический анализ инженерного мышления и инженерного знания.

Вместе с тем многие выпускники технических университетов испытывают трудности в применении технических знаний в своей инженерной деятельности, что связано с недостаточным согласованием предметной и профессиональной составляющих подготовки студентов. Это акцентирует внимание на проблеме формирования компонент инженерного мышления студентов в системе высшего профессионального образования.

Цель статьи – исследовать у студентов-первокурсников уровни развития типов мышления, которые являются базовыми в процессе формирования компонентов инженерного мышления для их развития и формирования.

**Материал и методы.** Материалом служат личностные характеристики будущего выпускника технического университета – основные типы мышления, развитие которых способствует формированию компонент инженерного мышления. В процессе исследования применялись такие методы познания, как наблюдение, аналогия, анализ, синтез, абстрагирование.

Использование метода абстрагирования помогло выделить главное, представить процесс формирования инженерного мышления в виде системы взаимосвязанных компонентов. Применение анализа и синтеза состояло в последовательном раскрытии основных структурных компонентов инженерного мышления и сочетании их в системное целое. Метод систематизации и обобщения использовался для обработки результатов тестирования.

**Результаты и их обсуждение.** Растущая техническая сложность средств производства предъявляет высокие требования к профессиональным интеллектуальным качествам инженера и его творческим способностям.

Основу дальнейшей профессиональной деятельности инженеров составляют производственная, исследовательская, проектировочная, организационная, управленческая, технологическая, контрольная и прогностическая функции. Эти функции реализуются через определенную совокупность действий, в частности это:

– сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по направлению работы (*исследовательская функция*);

– синтез систем или отдельных их составляющих, разработка документации, необходимой для осуществления и использования объектов и процессов (*проектировочная функция*);

– упорядочение структуры и взаимодействия составляющих элементов системы, то есть организация деятельности, планирование и временное упорядочение выполнения работ, обоснование последовательности, длительности и сроков выполнения (*организационная функция*);

– действия по достижению поставленной цели через информационное обеспечение устойчивого функционирования и развития систем (*управленческая функция*);

– воплощение поставленной цели по известным алгоритмам, то есть специалист выступает как структурный элемент (звено) определенной технологии (*технологическая функция*);

– осуществление контроля в пределах своей профессиональной деятельности в объеме должностных обязанностей (*контрольная функция*);

– анализ и прогнозирование профессиональной деятельности (*прогностическая функция*).

Задача высшей школы – сформировать профессиональные компетентности на уровне, который позволит успешно реализовывать данные функции.

Качество освоения профессиональными компетентностями будущими инженерами-энергетиками напрямую связано с уровнем сформированности инженерного мышления. Этот уровень оценивается в зависимости от сферы деятельности и степени неопределенности ситуаций, в которых будущий инженер может действовать самостоятельно. Также он зависит от возможных способов деятельности, которыми располагает будущий инженер, и от предпочтений в выборе одного из этих способов.

Инженерное мышление является профессионально важным видом мышления инженера. Его специфика проявляется в деятельности и обуславливается содержанием целей, проблемными ситуациями, которые решаются профессионалом на разных этапах его карьеры. Это содержательная сторона профессионального мышления [2].

Сформированность данного вида мышления и успешность инженера в будущей профессиональной деятельности во многом определяются качеством образовательного процесса на этапе профессиональной подготовки в учреждениях высшего образования. Ориентация образования на развитие личности связана с созданием условий для раскрытия и формирования индивидуальности студента, его качеств как субъекта социальной, профессиональной и интеллектуальной активности [3, л. 109].

Общепризнано, что в условиях нарастания темпов технического прогресса, когда знания и технологии стареют довольно быстро, на первый план выходит не столько проблема вооружения выпускника технического университета знаниями и методами, сколько развития его умственных способностей, необходимых для разработки новых инженерных технологий.

Одной из важных составляющих готовности инженера к профессиональной деятельности является развитое его инженерное мышление [3, л. 11].

Инженерное мышление – это достаточно сложный понятийный конструкт, содержащий комплекс специфических видов мышления. Поэтому процесс его формирования у будущих инженеров-электриков требует ком-

плекса процедур и мероприятий, согласованного сочетания современных форм, методов и средств профессиональной подготовки этих специалистов [4, л. 32].

«Сформированность инженерного мышления» как психический феномен структурируется динамичным взаимодействием пяти компонентов: владением языком техники, понятийного, образного, практического, оперативно-алгоритмического компонентов в их непрерывном развитии. Понятийный компонент обеспечивает сформированность технических понятий. Образный – способствует возникновению сложной системы образов и умению оперировать ею. Практический – предусматривает обязательную проверку полученного результата на практике. «Теоретические (понятийные), образные (наглядные) и практические (действенные) компоненты не только взаимосвязаны (что имеет место в других видах деятельности), но и взаимодействуют, причем каждый из компонентов предстает в роли равноправного члена триединства», – отмечает Т. Кудрявцев [5, с. 230].

Конечной целью изучения учебной дисциплины, в частности высшей математики, выступает формирование способов деятельности, которые лежат в основе определенного компонента (компонентов) инженерного мышления.

В инженерном образовании математика служит как одно из основных средств, влияющих на формирование профессиональных компонент [6]. Эти компоненты могут быть сформированы только в результате специально организованной деятельности. Механизм формирования инженерного мышления состоит не в простой передаче знаний, а в управлении учебной деятельностью студентов по овладению знаниями, умениями и навыками. Поэтому целью нашего исследования, еще раз подчеркнем, является выявление уровней развития типов мышления, которые отвечают за формирование понятийного, практического и образного компонентов инженерного мышления для их дальнейшего развития. Нельзя сказать, что типы мышления взаимно исключают друг друга. Нет такого человека, который в своей мыслительной деятельности мог бы обойтись только одним типом мышления.

Современная психология предлагает целый ряд классификаций типов мышления. В своем исследовании мы используем классификацию по форме организации умственной деятельности. Это:

- наглядно-образное мышление (основывается на образах представлений, преобразовании ситуации в план образов, воспроизводится разнообразие характеристик объекта);
- предметно-действенное мышление (базируется на реальном преобразовании ситуации и выполнении конкретного действия);
- абстрактно-символическое мышление (опирается на понятия или суждения без применения эмпирических (практических) данных);
- словесно-логическое мышление (основывается на преобразовании мысленных форм).

На первом этапе нашего исследования, благодаря анализу научно-педагогической литературы, был осуществлен подбор тестовых заданий, определен состав участников (студенты-первокурсники по направлению «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика»). На втором этапе проведен опрос студентов в форме тестирования и систематизированы результаты исследования.

Тестовые задания состояли из четырех блоков вопросов. Каждый блок вопросов соответствовал определенному типу мышления.

*Первый блок* (табл. 1). Задания на выявление уровня развития предметно-действенного (ПД) мышления.

Этим типом мышления обладают люди с практическим складом ума. Они лучше усваивают информацию через движения и обладают хорошей координацией движения. Преобразование информации осуществляется с помощью предметных действий, операции выполняются только последовательно. Результатом является мысль, воплощенная в новой конструкции.

Таблица 1

**Уровни развития предметно-действенного мышления**

	Кол-во студентов в группе	Уровни развития предметно-действенного мышления					
		низкий		средний		высокий	
		Кол-во студентов	в %	Кол-во студентов	в %	Кол-во студентов	в %
Группа 1	18	0	–	9	50 %	9	50%
Группа 2	14	0	–	9	64,26%	5	35,7%
Группа 3	13	0	–	10	76,9%	3	23%
Группа 4	21	1	4,7%	8	38%	12	57,12%
<b>Общее</b>	<b>66</b>	<b>1</b>	<b>1,5%</b>	<b>36</b>	<b>54,3%</b>	<b>29</b>	<b>43,8%</b>

*Второй блок* (табл. 2). Задания на определение уровня развития абстрактно-символического (АС) мышления.

Оно опирается на общие и отвлеченные понятия. Люди с подобным типом мышления могут усваивать информацию с помощью математических кодов, формул, операций, с помощью того, что невозможно потрогать. Они больше всего склонны к анализу, обобщению и абстрагированию. Благодаря особенностям такого мышления

на основе гипотез сделаны многие открытия во всех областях науки. Результатом является мысль, выраженная в виде структур и формул, фиксирующих существенные отношения между символами.

Таблица 2

**Уровни развития абстрактно-символического мышления**

	Кол-во студентов в группе	Уровни развития абстрактно-символического мышления					
		низкий		средний		высокий	
		Кол-во студентов	в %	Кол-во студентов	в %	Кол-во студ-в	в %
Группа 1	18	5	27,5%	5	27,5%	8	44,4%
Группа 2	14	2	14,28%	8	57,12%	4	28,56%
Группа 3	13	1	7,7%	9	69,2%	3	23%
Группа 4	21	6	28,56%	11	52,36%	4	19%
<b>Общее</b>	<b>66</b>	<b>14</b>	<b>21,2%</b>	<b>33</b>	<b>49,8%</b>	<b>19</b>	<b>28,7%</b>

*Третий блок* (табл. 3). Задания на установление уровня развития словесно-логического (СЛ) мышления.

Это мышление присуще людям с ярко выраженными вербальными способностями. Благодаря развитому словесно-логическому мышлению люди могут ясно, четко и образно формулировать свои мысли и доносить их до общественности.

Таблица 3

**Уровни развития словесно-логического мышления**

	Кол-во студентов в группе	Уровни развития словесно-логического мышления					
		низкий		средний		высокий	
		Кол-во студентов	в %	Кол-во студентов	в %	Кол-во студентов	в %
Группа 1	18	1	5,6%	10	55,5%	7	38,9%
Группа 2	14	2	14,3%	11	78,5%	1	7,14%
Группа 3	13	3	23%	6	46%	4	31%
Группа 4	21	6	28,6%	12	57%	3	14,4%
<b>Общее</b>	<b>66</b>	<b>12</b>	<b>18,2%</b>	<b>39</b>	<b>58,9%</b>	<b>15</b>	<b>22,6%</b>

*Четвертый блок* (табл. 4). Задания на определение уровня развития наглядно-образного (НО) мышления.

Данный тип мышления – мышление по представлению. Человек с подобным мышлением легко представляет себе образ объекта, предмета или явления своих мыслей. Эти образы всегда конкретны и неповторимы, потому что, как правило, в мышлении таких людей в первую очередь возникает операция синтеза. Люди с развитым наглядно-образным мышлением легко могут представить и то, что было, и то, что будет, и то, чего никогда не было и не будет. Будущие инженеры должны обладать развитым наглядно-образным мышлением.

Результатом наглядно-образного мышления является синтезированный объект, то есть образ.

Таблица 4

**Уровни развития наглядно-образного мышления**

	Кол-во студентов в группе	Уровни развития наглядно-образного мышления					
		низкий		средний		высокий	
		Кол-во студентов	в %	Кол-во студентов	в %	Кол-во студентов	в %
Группа 1	18	1	5,6%	10	55,5%	7	38,85%
Группа 2	14	1	7,14%	7	50%	5	35,7%
Группа 3	13	1	7,69%	3	23%	9	69,2%
Группа 4	21	1	4,76%	13	61,9%	7	33,3%
<b>Общее</b>	<b>66</b>	<b>4</b>	<b>6%</b>	<b>33</b>	<b>49,8%</b>	<b>28</b>	<b>42,3%</b>

Обобщим результаты исследования в табл. 5.

**Общая сводная таблица**

Типы мышления	Уровни развития мышления					
	низкий		средний		высокий	
	количество студентов	в %	количество студентов	в %	количество студентов	в (%)
<b>ПД</b>	1	1,5%	36	54%	29	43,8%
<b>АС</b>	14	21,2%	33	49,8%	19	28,7%
<b>СЛ</b>	12	18,2%	39	58,9%	15	22,6%
<b>НО</b>	4	6%	33	49,8%	28	42,3%

Результаты выполнения заданий теста обнаружили недостаточную сформированность компонентов инженерного мышления, в частности:

- у большинства студентов (до 60%) все типы мышления имеют средний уровень развития;
- только незначительное количество студентов (до 30%) обладает высоким уровнем развития типов мышления;
- сложнее всего студентам работать с абстрактными образами и делать логические выводы, поскольку наименьший процент студентов имеют высокий уровень развития АС и СЛ типов мышления.

**Заключение.** Таким образом, с целью формирования и развития компонентов инженерного мышления в учебной деятельности целесообразно использовать задания на формирование логико-алгоритмических компонентов мышления, на совершенствование умений анализировать, синтезировать и прогнозировать.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Gilmanshin I. and Gilmanshina S. (2015) The formation of students' engineering thinking as a way create new techniques, technologies, materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 134, conference, 1.
2. Gilmanshina S., Sagitova R., Kosmodemyanskaya S., Khalikova F., Shchaveleva N., Valitova G. and Motorygina N. (2015) Professional Thinking Formation Features of Prospective Natural Science Teachers Relying on the Competence-Based Approach. Review of European Studies, Vol. 7, No. 3.
3. Євсєєва, О.Г. Проектування і організація навчання математики студентів вищих технічних навчальних закладів на засадах діяльнісного підходу: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / О.Г. Євсєєва. – Донецьк, 2013. – 605 арк.
4. Терьохіна, О.Л. Формування технічного мислення майбутніх бакалаврів машинобудування у процесі фахової підготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / О.Л. Терьохіна. – Запоріжжя, 2016. – 261 арк.
5. Кудрявцев, Т.В. Психология технического мышления: Процесс и способы решения технических задач / Т.В. Кудрявцев. – М.: Педагогика, 1975. – 304 с.
6. Goold E. (2012) The Role of Mathematics in Engineering Practice and in the Formation of Engineers. Thesis Submitted for the Award of Doctor of Philosophy, National University of Ireland Maynooth, Vol. 1 of 2, p. 58.

**REFERENCES**

1. Gilmanshin I., Gilmanshina S. (2015) The formation of students engineering thinking as a way create new techniques, technologies, materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 134, conference, 1.
2. Gilmanshina S., Sagitova R., Kosmodemyanskaya S., Khalikova F., Shchaveleva N., Valitova G., Motorygina N. (2015) Professional Thinking Formation Features of Prospective Natural Science Teachers Relying on the Competence-Based Approach. Review of European Studies, Vol. 7, No. 3.
3. Yevsieiyeva O.H. *Proyektuvannya i orhanizatsiya navchannya matematyky studentiv vyshchyykh tekhnichnykh navchalnykh zakladiv na zasakh diyalnisnokho pidkhodu: dys. dok. ped. nauk* [Designing and Organization of Teaching Mathematics Students of Higher Technical Educational Institutions on the Basis of the Activity Approach: Dr. Sc. (Education) Dissertation], Donetsk, 2013, 605 p.
4. Teriokhina O.L. *Formuvannya tekhnichnoho myslennia maibutnikh bakalavriv mashynobuduvannya u protsesi fakhovoi pidhotovky: dys. ... kand. ped. nauk* [Shaping Technical Thinking of Would-be Bachelor of Mechanical Engineering in the Process of Professional Training: PhD (Education) Dissertation], Zaporizhzhia, 2016, 261 p.
5. Kudriavtsev T.V. *Psykhologiya tekhnicheskogo myshleniya: Protsess y sposoby resheniya tekhnicheskyykh zadach* [Psychology of Technical Thinking: The Process and Techniques for Solving Technical Problems], M., Pedagogika, 1975, 304 p.
6. Goold E. The Role of Mathematics in Engineering Practice and in the Formation of Engineers. Thesis Submitted for the Award of Doctor of Philosophy, National University of Ireland Maynooth, Vol. 1 of 2, p. 58.

Поступила в редакцию 02.03.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: maya.kovalchuk@gmail.com – Ковальчук М.Б.

УДК 37.013.426.364.61-053.6

## Готовность специалистов социальной сферы к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков: сравнительно-сопоставительный анализ

С.Д. Матюшкова, С.Г. Туболец, А.Ю. Чучварёва  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»

*Преобразования, происходящие в настоящее время во всех сферах жизни общества, отражаются на одной из наиболее уязвимых категорий населения – детях и подростках. Как результат – появление у них трудных жизненных ситуаций, которые требуют профессиональной помощи в их разрешении.*

*Цель статьи – изучение степени профессиональной готовности будущих специалистов в области социальной сферы к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков.*

**Материал и методы.** *Исследование проводилось среди студентов II–IV курсов факультета социальной педагогики и психологии ВГУ имени П.М. Машерова в количестве 73 человек, специалистов социально-педагогической и психологической службы учреждений образования г. Витебска и Витебской области (45 человек). Для достижения поставленной цели использовались следующие методы: теоретический анализ и синтез эмпирических данных, контент-анализ и анкетирование.*

**Результаты и их обсуждение.** *Проведено исследование по изучению готовности будущих специалистов в области социальной сферы к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков. Оно показало, что в настоящее время в Республике Беларусь проблема «дети и подростки, находящиеся в трудной жизненной ситуации» приобрела значительные масштабы, под данную категорию попадают все дети и подростки, нуждающиеся в помощи со стороны взрослых. Средний балл субъективной оценки готовности студентов к решению такой ситуации по 10-балльной шкале составил 7 баллов. Будущие специалисты в большей мере готовы решать учебно-познавательные проблемы детей, находящихся в трудной жизненной ситуации. По результатам исследования предложена программа по повышению профессиональной готовности специалистов к решению подобной ситуации.*

**Заключение.** *Профессиональная готовность является результатом подготовки, качеством личности, выступает регулятором успешности профессиональной деятельности и зависит от возраста, опыта работы специалистов с указанной категорией несовершеннолетних. Исходя из результатов исследования, не все будущие социальные педагоги готовы оказывать надлежащую полномасштабную профессиональную помощь детям и подросткам в решении сложившейся у них непростой жизненной ситуации.*

**Ключевые слова:** *дети, подростки, профессиональная готовность, будущие специалисты в социальной сфере, трудная жизненная ситуация.*

## Readiness of Social Sphere Specialists to Solve Children's and Adolescents' Difficult Life Situations: a Comparative Analysis

S.D. Matiushkova, S.G. Tubolets, A.Yu. Chuchvareva  
Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*The transformations currently taking place in all spheres of society are reflected in one of the most vulnerable categories of the population – children and adolescents. As a result, they face difficult life situations that require professional help in resolving them.*

*The purpose of the article is to study the degree of professional readiness of would-be specialists in the social sphere to solve the difficult life situation of children and adolescents.*

**Material and methods.** The study was conducted among seventy three second to fourth year Social Education and Psychology students of Vitebsk State P.M. Masherov University and specialists in Social Education and Psychology Service of educational establishments of the City of Vitebsk and Vitebsk Region (45 people). To reach the goal the following methods were used: theoretical analysis and synthesis of empiric data, contact analysis and questionnaires.

**Findings and their discussion.** A study was conducted to evaluate the readiness of would-be specialists in social sphere to resolve difficult life situations of children and adolescents. It showed that at present the problem of «children and adolescents in a difficult life situation» has acquired a large scale in the Republic of Belarus, this category includes all children and adolescents in need of the assistance from adults. The average grade of the subjective assessment of students' readiness to resolve this situation according to 10-point scale was 7 points. Would-be specialists demonstrate they are better prepared to solve the educational and cognitive problems of children in a difficult life situation. Based on the research findings, a program is proposed to increase the professional readiness of specialists to resolve a difficult life situation.

**Conclusion.** Professional preparedness is the result of training, the quality of the individual, it acts as a regulator of success of professional activity and depends on the age and experience of specialists who work with this category of minors. Based on the results of the study, not all would-be social educators are ready to provide appropriate full-scale professional assistance to children and adolescents in resolving their current life situations.

**Key words:** children, adolescents, professional readiness, would-be specialists in social sphere, difficult life situation.

Преобразования, происходящие в настоящее время во всех сферах жизни общества, не могут не отразиться на одной из наиболее уязвимых категорий населения – детях и подростках. Как результат – трудные жизненные ситуации. Явление настолько широко распространено, что возник не только сам термин, но и выработан ряд подходов к его трактовке. Точка зрения психолога Н.Г. Осуховой по данному вопросу состоит в следующем. «Трудная жизненная ситуация» есть нарушение адаптации ребенка к жизни, в результате чего он не в состоянии удовлетворять свои основные жизненные потребности посредством моделей и способов поведения, выработанных в предыдущие периоды жизни [1, с. 65]. В рамках собственного, педагогического, видения Н.Ф. Басов несколько иначе определяет исследуемое понятие. Он достаточно обоснованно доказывает, что «трудная жизненная ситуация», с одной стороны, – неизбежное событие в жизненном цикле, порождающее эмоциональное напряжение и стрессы, а с другой – это временная, объективно или субъективно создающаяся ситуация, препятствующая в реализации важных жизненных целей, с которой трудно справиться с помощью внутренних ресурсов [2, с. 16].

В отечественном нормативно-правовом поле понятие «трудная жизненная ситуация» определяется в Законе Республики Беларусь «О социальном обслуживании» от 22 мая 2000 г. (в редакции от 13 июля 2012 г. № 427-3) как обстоятельство (совокупность обстоятельств), «объективно нарушающее нормальную жизнедеятельность гражданина, последствия которого он не в состоянии преодолеть за счет собственных средств и имеющихся возможностей» [3]. В статье 28 данного нормативно-правового документа приведена классификация граждан, которые могут быть признаны находящимися в трудной жизненной ситуации, однако они в большей степени относятся в целом к населению нашей страны.

В отличие от Республики Беларусь в Российской Федерации закреплено и имеет определение понятие «дети, находящиеся в трудной жизненной ситуации». Данное определение трактуется в Федеральном законе от 24 июля 1998 г. № 124-ФЗ «Об основных гарантиях прав ребенка в Российской Федерации» как дети, оставшиеся без попечения родителей; дети-инвалиды; дети, имеющие недостатки в психическом и (или) физическом развитии; дети-жертвы вооруженных и межнациональных конфликтов, экологических и техногенных катастроф, стихийных бедствий; дети из семей беженцев и вынужденных переселенцев; дети, оказавшиеся в экстремальных условиях; дети-жертвы насилия; дети, отбывающие наказание в виде лишения свободы в воспитательных колониях; дети, находящиеся в специальных учебно-воспитательных учреждениях; дети, проживающие в малоимущих семьях; дети с отклонениями в поведении; дети, жизнедеятельность которых объективно нарушена в результате сложившихся обстоятельств и которые не могут преодолеть данные обстоятельства самостоятельно или с помощью семьи [4].

В законодательстве нашей страны термин «дети, находящиеся в трудной жизненной ситуации» не представлен. Однако существуют такие схожие понятия, как «дети, признанные находящимися в социально опасном положении», «дети, нуждающиеся в государственной защите», которые закреплены в следующих документах: Декрет Президента Республики Беларусь от 24 ноября 2006 г. № 18 «О дополнительных мерах по государственной защите детей в неблагополучных семьях», Кодекс Республики Беларусь о браке и семье, Закон Республики Беларусь от 19 ноября 1993 г. «О правах ребенка», Закон Республики Беларусь от 31 мая 2003 г. «Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних», постановление Министерства образования Республики Беларусь от 28 июля 2004 г. № 47 «Об утверждении Инструкции о порядке выявления несовершеннолетних, нуждающихся в государственной защите», Положение об органах опеки и попечительства в Республике Беларусь, утвержденное постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 октября 1999 г. № 1676, Положение

о порядке образования и деятельности комиссий по делам несовершеннолетних, утвержденное постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10 декабря 2003 г. № 1599.

Актуальность осуществления социальной защиты и оказания социальной помощи таким детям и подросткам определяет роль и место специалистов социальной сферы, которые традиционно выступают посредниками между индивидом, нуждающимся в какой-либо помощи, и обществом в целом. Эффективность этой деятельности зависит не только от уровня подготовки специалиста, знаний, опыта, от личностных особенностей, качеств, но и от психологической готовности.

В целом профессиональные знания, умения и навыки специалиста, его личностные особенности и качества, степень его психологической готовности к определенному виду деятельности устанавливаются понятием «профессиональная готовность». Данное понятие изучают многие ученые, что находит отражение в разнообразии дефиниций. К примеру, Е.А. Гудков трактует готовность к определенному виду деятельности как комплекс качеств, знаний, практических умений и навыков, состояний и отношений, необходимых для достижения социально значимых целей, результатов; Б.Г. Ананьев видит сущность термина как «проявление способностей»; В.А. Крутецкий сделал попытку объединить эти две составляющие [5, с. 317].

Таким образом, результативность проводимой специалистами социальной сферы работы с ребенком, находящимся в трудной жизненной ситуации, оценивается степенью их профессиональной готовности к решению сложившейся ситуации с каждым несовершеннолетним. Однако, как показывает практика, в некоторых случаях специалисты в работе с детьми и подростками оказываются не готовыми к помощи в решении сложившейся трудной жизненной ситуации. Поэтому данная проблема является весьма актуальной.

Цель статьи – сравнительно-сопоставительный анализ профессиональной готовности практикующих и будущих специалистов социальной сферы к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков.

**Материал и методы.** Исследование проводилось среди студентов II–IV курсов факультета социальной педагогики и психологии ВГУ имени П.М. Машерова (73 человека), специалистов социально-педагогической и психологической службы учреждений образования г. Витебска и Витебской области (45 человек).

Для достижения поставленной цели использовались:

- метод анкетирования как вербально-коммуникативный метод для сбора сведений с применением специально составленной анкеты из 14 вопросов открытого и закрытого типа;
- контент-анализ как метод качественного и количественного анализа содержания документов с целью выявления или измерения различных фактов и тенденций, отраженных в этих документах. В качестве документов для контент-анализа выступили Образовательный стандарт ОСВО 1-03 04 01 2013, ОСВО 1-86 01 01-01 2013, учебно-методические пособия, подготовленные преподавателями кафедры социально-педагогической работы и предназначенные для подготовки по специальностям 1-03 04 01 «Социальная педагогика» и 1-86 01 01-01 «Социальная работа (по направлениям)» в количестве 40 наименований. Анализ был проведен посредством поисковой системы Microsoft Word 2010. Критериями для него выступили количественный анализ документа (количество учебных пособий из общего количества анализируемых, в которых указано понятие «трудная жизненная ситуация»); качественный анализ документа (контекст понятия «трудная жизненная ситуация для детей и подростков»);
- теоретический анализ и синтез эмпирических данных для сбора необходимой информации, выделения составных частей и главного, группирования материала согласно цели.

**Результаты и их обсуждение.** Понятие «трудная жизненная ситуация для детей и подростков» участниками исследования трактуется как ситуация, по различным причинам нарушающая жизнедеятельность и полноценное развитие ребенка, последствия которой он не в состоянии преодолеть самостоятельно и нуждается в помощи.

Позиция респондентов о сущности профессиональной готовности к решению трудной жизненной ситуации оказалась неоднородной. Большинство социальных педагогов (44,4%) считают, что профессиональная готовность к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков – это владение специалистами определенными знаниями, умениями и навыками, а также способность их применять на практике; 17,8% – профессиональная компетентность специалиста социальной сферы; 15,6% – желание и способность специалиста помочь ребенку, находящемуся в трудной жизненной ситуации; 11,1% – обладание личностными качествами, которые важны в работе с данной категорией детей, а также психологической устойчивостью; 4,4% – условие продолжительности практического стажа работы с данной категорией несовершеннолетних; 6,7% воздержались от ответа на данный вопрос.

По мнению студентов, «профессиональная готовность к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков – это...»:

- владение специалистами определенными знаниями, умениями и навыками, необходимыми для решения проблем детей (32,9%);
- готовность педагога к обоснованию и решению значимых проблем в жизни детей и подростков, способность оказать помощь в процессе их дальнейшей социализации (19,2%);
- умение специалиста незамедлительно оказать помощь ребенку (19,2%);
- решение специалистом социальной сферы трудной жизненной ситуации, возникшей у ребенка (6,8%);

- умение специалиста расположить к себе ребенка и членов его семьи, вызвать доверие, проявлять личностно важные положительные качества, способность оказывать реальную помощь в решении сложившейся ситуации (5,5%);
- умение применять технологии социальной работы с данной категорией детей, членами их семьи и ближайшего окружения (2,7%);
- 19,2% респондентов затруднились ответить.

Анализ проведенного исследования показал, что большинство опрошенных практикующих (54%) и будущих специалистов социальной сферы (62%) считают, что к основному источнику возникновения трудностей у детей и подростков в настоящее время относятся проблемы, обусловленные характеристиками их семьи: социальным статусом, уровнем и качеством жизни, микроклиматом в семье, особенностями детско-родительских отношений (стилем и методами воспитания, степенью привязанности); 29% социальных педагогов и 18% студентов – проблемы, спровоцированные возрастными и личностными особенностями детей: возрастными кризисами (год, три, семь лет, кризис переходного возраста), психофизиологическими особенностями ребенка и др.; 13% социальных педагогов и 16% студентов – проблемы, порожденные деятельностью некоторых социальных институтов и организаций, работающих с несовершеннолетними (конфликты с педагогами в образовательном учреждении, педагогическая запущенность, детская преступность и т.п.); 4% социальных педагогов и 5% студентов – проблемы, обусловленные особенностями социально-экономического и социально-политического развития общества (сокращение детских учреждений, дети-беженцы, эксплуатация детей).

При ответе на вопрос «В каком из нормативно-правовых актов Республики Беларусь дано определение понятия “трудная жизненная ситуация”?» только 53% практикующих и 34% студентов, участвующих в опросе, ответили правильно: в Законе Республики Беларусь от 13.07.2012 г. № 427-З «О социальном обслуживании». Таким образом, большинство респондентов в достаточной мере не владеют нормативно-правовой базой, регламентирующей деятельность специалиста по решению трудной жизненной ситуации детей и подростков.

Изучение научной литературы позволяет сделать вывод, что дети и подростки, находящиеся в трудной жизненной ситуации, имеют комплекс проблем, которые определяются учебно-познавательной, эмоционально-личностной, поведенческой и соматической областью. Нас интересовал вопрос готовности практикующих социальных педагогов и студентов, обучающихся на одноименной специальности, к их решению. Сравнительный анализ показал, что большинство социальных педагогов (75,5%) готовы решать в первую очередь учебно-познавательные, затем 66,7% – эмоционально-личностные, 64,4% – поведенческие, а 26,7% – соматические проблемы.

Будущие специалисты социальной сферы приоритеты расставили иначе. Так, на первое место (77% выборов) определили готовность решать эмоционально-личностные, на второе (55%) – учебно-познавательные, на третье (48%) – поведенческие и на последнее место (19%) – соматические проблемы (рис. 1). Объяснить подобное распределение ответов, с нашей точки зрения, возможно сложившимся образовательным уровнем. Ряд практикующих социальных педагогов в качестве базового имеют образование учителя-предметника, впоследствии получившего переподготовку, дополнительную специализацию «Социальный педагог». Это объясняет большую нацеленность на оказание помощи в решении учебно-познавательных проблем. Еще одним фактором может быть складывающийся или сложившийся комплекс профессиональной усталости, из-за чего специалистов со стажем в меньшей степени привлекают межличностные проблемы. Студенты же изначально получают образование, нацеленное на решение комплекса проблем ребенка, о чем свидетельствует примерно равное распределение готовности решать весь их спектр (учебно-познавательной 55%, эмоционально-личностной 77%, поведенческой 48%). Подтверждением сказанного может быть и меньший процент выборов готовности решать проблемы соматической области: и для практиков, и для студентов она не является основной.

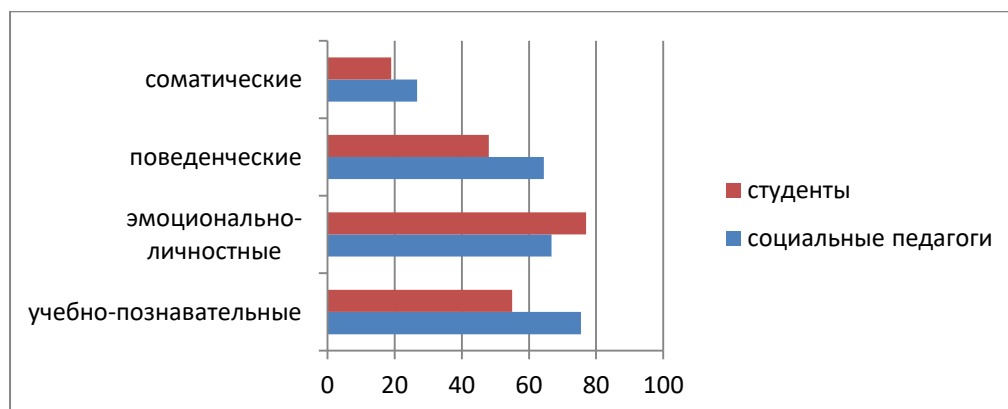


Рис. 1. Анализ профессиональной готовности практикующих и будущих специалистов социальной сферы решать проблемы детей и подростков, находящихся в трудной жизненной ситуации

Мы проанализировали ответы практикующих и будущих специалистов социальной сферы на вопрос о том, чем определяется суть профессиональной готовности к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков. По мнению респондентов, в первую очередь это владение знаниями, умениями и навыками, необходимыми для решения проблемы определенного ребенка (49,3% и 46,7% соответственно), затем уровень профессионального мастерства (22% и 20% соответственно), личностные качества специалиста (9,3% и 8,9%). 6% практикующих специалистов социальной сферы как необходимое составляющее готовности выделили психологическую устойчивость специалиста, а 24,4% опрошенных студентов считают, что готовность определяют по всем вышеперечисленным параметрам. То есть это владение знаниями, умениями и навыками, необходимыми для решения проблемы определенного ребенка, уровень профессионального мастерства, психологическая устойчивость, личностные качества, умение находить подход к каждому.

Таким образом, по результатам проведенного исследования следует сделать вывод, что, по мнению большинства респондентов, основным источником возникновения проблем и трудностей у детей и подростков в настоящее время являются проблемы, обусловленные характеристиками семьи ребенка: социальным статусом, уровнем и качеством жизни, микроклиматом в семье, особенностями детско-родительских отношений (стилем и методами воспитания, степенью привязанности) и т.п. В ходе анкетирования и беседы с респондентами нами было зафиксировано, что студенты (как будущие специалисты социальной сферы) отмечают рост числа детей и подростков, нуждающихся в помощи со стороны взрослых. По мнению большинства опрошенных, помощь детям и подросткам, находящимся в трудной жизненной ситуации, в первую очередь должны оказывать специалисты социально-педагогической и психологической службы учреждения образования. Анализ результатов анкетирования позволил нам выявить, что будущие специалисты в большей мере готовы решать учебно-познавательные проблемы детей, находящихся в трудной жизненной ситуации; затем эмоционально-личностные, поведенческие и, закономерно, в меньшей степени соматические. Средний балл оценки готовности студентов к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков по 10-балльной шкале составил 7 (семь) баллов.

Контент-анализ Образовательного стандарта ОСВО 1-03 04 01 2013 и ОСВО 1-86 01 01-01 2013 позволил увидеть недостаточную представленность понятия «трудная жизненная ситуация» в этих документах. Только в учебных курсах «Охрана детства» и «Теория и практика социальной работы с семьей» этот термин включен разработчиками в материал по изучению.

Контент-анализ содержания 40 учебно-методических пособий, предназначенных для подготовки по специальностям 1-03 04 01 «Социальная педагогика» и 1-86 01 01-01 «Социальная работа (по направлениям)», выявил, что понятие «трудная жизненная ситуация» встречается только в 22,5% из общего количества изданий, взятых для исследования. Контент-анализ по качественному критерию позволил сделать вывод, что контекст рассматриваемого нами понятия в большинстве случаев (67%) носит теоретический характер и лишь в 33% практический (рис. 2).

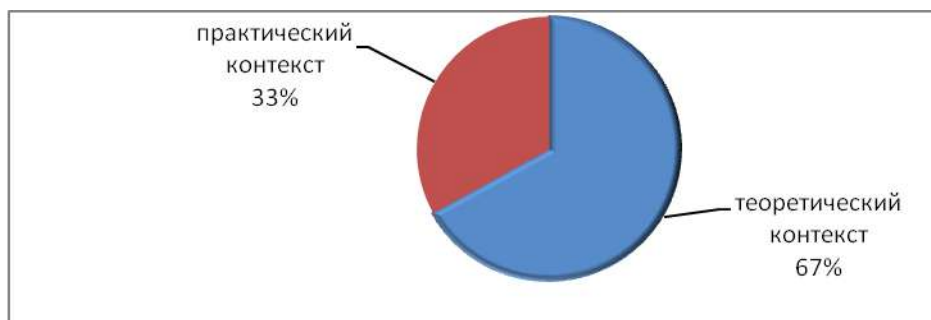


Рис. 2. Контент-анализ по качественному критерию содержания учебно-методических пособий, предназначенных для подготовки по специальностям 1-03 04 01 «Социальная педагогика» и 1-86 01 01-01 «Социальная работа (по направлениям)»

Следовательно, с нашей точки зрения, подобная представленность рассматриваемого нами понятия в недостаточной мере позволяет подготовить будущих специалистов по направлениям «Социальная работа» и «Социальная педагогика» к оказанию профессиональной помощи в решении трудной жизненной ситуации детям, подросткам и взрослым.

По результатам исследования нами была предложена программа по повышению профессиональной готовности специалистов к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков. *Цель программы:* по-

вышение уровня готовности специалистов социально-педагогической и психологической службы учреждений образования к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков.

В рамках предложенной программы прошел семинар-практикум для студентов IV курса по теме «Значимость специалиста социальной сферы в решении трудной жизненной ситуации детей и подростков. Обмен практическим опытом», по итогам которого проводилось повторное исследование. Анализ полученных результатов показал, что 100% респондентов однозначно отметили тему проведенного семинара-практикума как актуальную. По мнению 30,8% респондентов, вся информация, озвученная в ходе занятия, была полезной, для 38,5% полезна лишь информация практической направленности, 15,4% – информация из практического опыта. А 7,7% участников указали, что информация, озвученная на мероприятии, была в целом полезна, однако не применительно для них лично.

**Заключение.** Таким образом, профессиональная готовность является результатом подготовки, качеством личности и выступает регулятором успешности профессиональной деятельности. Практикующие специалисты социальной сферы в большей мере готовы оказывать помощь детям и подросткам, оказавшимся в трудной жизненной ситуации, нежели студенты, обучающиеся по данной специальности. Мы уточнили, что оценка готовности специалистов зависит от возраста и опыта работы с указанной категорией несовершеннолетних. Тем не менее все участники исследования обозначили актуальность проблемы и потребность в дополнительной подготовке по данной теме. Поэтому как будущим, так и практикующим специалистам необходимо повышать уровень своей профессиональной готовности к решению трудной жизненной ситуации детей и подростков.

Данное исследование поднимает проблему оптимизации, во-первых, Образовательного стандарта, во-вторых, курсов, читаемых на специальности «Социальная педагогика». Она нам видится в усилении практико-ориентированной направленности на реализацию задачи по повышению готовности к решению трудной жизненной ситуации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Осухова, Н.Г. Психологическая помощь в трудных и экстремальных ситуациях / Н.Г. Осухова. – Минск: Академия, 2012. – 92 с.
2. Пантюк, И.В. Профессиональные компетенции специалиста по социальной работе: учеб. пособие / под ред. И.В. Пантюк. – Минск, 2011. – 304 с.
3. Закон Республики Беларусь «О социальном обслуживании» от 22 мая 2000 г. (в редакции от 13 июля 2012 г. № 427-3) [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 27.08.2017.
4. Федеральный закон от 24 июля 1998 г. № 124-ФЗ «Об основных гарантиях прав ребенка в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19558](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19558). – Дата доступа: 17.12.2017.
5. Лунегова, Е.К. Психологическая готовность специалиста социальной сферы к профессиональной деятельности / Е.К. Лунегова, Г.Б. Хасанова // Интеграция образования и науки на основе научно-образовательного центра: в 2 ч.: сб. материалов конф. – Чебоксары–Ульяновск, 2005. – Ч. 1. – С. 317–320.

## REFERENCES

1. Osukhova N.G. *Psikhologicheskaya pomoshch v trudnykh i ekstremnykh situatsiyakh* [Psychological Aid in Difficult and Emergency Situations], Minsk, Akademiya, 2012, 92 p.
2. Pantiuk I.V. *Professionalniye kompetentsii spetsialista po sotsialnoi rabote: uchebnoye posobiye* [Professional Competencies of the Specialist in Social Work, Textbook], Mn., 2011, 304 p.
3. *Zakon Respubliki Belarus «O sotsialnom obsluzhivanii» ot 22 maya 2000 g. (v redaktsii ot iyulia 2012 g. No 427-3* [May 22, 2000 № 427-3 Law of the Republic of Belarus «On Social Service»], 2017. Available at <http://www.pravo.by>. – Accessed: 27.08.2017.
4. *Federalni Zakon ot 24 iyulia 1998 g. № 124-ФЗ «Ob osnovnykh garantiyakh prav rebenka v Rossiyskoi Federatsii»* [July 24, 1998 No 124-ФЗ Federal Law «On Main Guaranties of the child's Rights in the Russian Federation»], 2017. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19558](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19558). – Accessed: 17.12.2017.
5. Lunegova E.K., Khasanova G.B. *Integratsiya obrazovaniya i nauki na osnove nauchno-obrazovatel'nogo tsentra: v 2 ch.: sb. materialov konferentsii* [Integration of Education and Science on the Basis of a Science and Education Center, Proceedings of the Conference in 2 Parts], Cheboksari–Ulyanovsk, 2005, P. 1, pp. 317–320.

Поступила в редакцию 21.05.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: [soc-work@rambler.ru](mailto:soc-work@rambler.ru) – Матюшкова С.Д.

## Формирование нормативно-правовой компетентности классного руководителя у будущих педагогов

Р.В. Загорулько, О.А. Зенькова

Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

*Классный руководитель в современной школе является ответственным лицом за реализацию воспитательного процесса в классе. Он должен владеть нормативной базой данного процесса, уметь оперировать своими правами и обязанностями.*

*Цель статьи – выявление содержания нормативно-правовых компетенций классного руководителя, путей и средств их формирования у будущих педагогов в процессе педагогической практики.*

**Материал и методы.** *Материалом исследования послужили образовательные стандарты высшего образования, типовые учебные программы, нормативные документы, регламентирующие деятельность классного руководителя, данные опросов студентов-практикантов, молодых специалистов-педагогов. Основные методы: беседа, изучение опыта деятельности, анкетирование студентов и классных руководителей.*

**Результаты и их обсуждение.** *В практике выполнения функциональных обязанностей классного руководителя нормативно-правовая компетентность включает следующие компетенции: умение пользования правовыми информационными ресурсами; знание и умение работать с методической литературой и образовательным законодательством; владение знаниями нормативно-правовых основ деятельности классного руководителя; умение документирования хода и результатов образовательного процесса в классе, предоставления необходимой отчетности.*

*Формирование нормативно-правовой компетентности классного руководителя может успешно осуществляться в процессе теоретической и практической подготовки будущего специалиста. Изучение нормативно-правового и методического обеспечения будущей профессиональной деятельности в роли классного руководителя реализуется при включении данных вопросов в учебную программу дисциплины «Педагогика». Эффективно содействовать установлению нормативно-правовых компетенций будущих педагогов могут соответствующие практические задания, включенные в содержание педагогической практики.*

**Заключение.** *Для формирования нормативно-правовой компетентности классного руководителя у будущих педагогов необходимо дополнение соответствующих разработанных заданий в учебные программы дисциплины «Педагогика» и педагогической практики.*

**Ключевые слова:** *классный руководитель, компетентностный и функциональный подходы, нормативно-правовые компетенции, информационно-правовые ресурсы.*

## Shaping Would-be Teachers' Normative Legal Competence of Classroom Teacher

R.V. Zagorulko, O.A. Zenkova

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*The classroom teacher in modern school is a person responsible for the implementation of the educational process in the class. They must have the knowledge of the normative base of this process, be able to work with their rights and duties.*

*The purpose of the article is revealing the content of the normative legal competences of the classroom teacher, ways and techniques of their shaping in the process of the teaching practice of would-be teachers.*

**Material and methods.** *The research object is educational standards of higher education, curricular, normative documents on the activity of the classroom teacher, questionnaire data of student teachers as well as young teachers. The basic research methods are conversation, studying the experience, students' and class teachers' questionnaires.*

**Findings and their discussion.** *The normative and legal competence of the classroom teacher practice includes the following: the skill of using legal information resources; knowledge and ability to work with methodological literature and education*

legislation; knowledge of normative legal bases of the classroom teacher activity; ability to compile documents on the progress and results of the academic process in class, reporting.

*Shaping the normative legal competence of the classroom teacher can be efficient in the process of theoretical and practical training of would-be teachers. The study of the normative legal and methodological provision of the would-be professional activity as a classroom teacher can be implemented by including these issues into the curriculum on the discipline of Pedagogical Science. Corresponding practical tasks which are included into the content of teaching practice can facilitate shaping the normative legal competence of would-be teachers.*

**Conclusion.** *A supplement into the curriculum on the discipline of Pedagogical Science and teaching practice is required for shaping would-be teachers' normative legal competence of the classroom teacher.*

**Key words:** *classroom teacher, competence and functional approaches, normative legal competences, information legal resources.*

Воспитание является важнейшей составляющей образовательного процесса, направленной на формирование всесторонне развитой, нравственно зрелой, творческой личности обучающегося. Воспитательную работу в классе осуществляет учитель-предметник, назначенный приказом руководителя учреждения образования на период обучения учащихся в учреждении общего среднего образования, выполняющий обязанности классного руководителя.

Классный руководитель организует разнообразные виды деятельности учащихся, создает определенную воспитывающую среду, которая связана с организацией сплоченного коллектива класса, установлением благоприятной атмосферы в классе и доверительных отношений между учащимися и учителями. Особое внимание он уделяет развитию личности каждого учащегося. Являясь важной частью образовательного процесса, деятельность классного руководителя сложна и многогранна. В силу специфики она вызывает серьезные затруднения по ряду составляющих, в том числе по ее нормативно-правовым основам. Проведенные нами беседы, интервьюирование, анкетирование студентов-практикантов и учителей-молодых специалистов по освоению деятельности классного руководителя выявили затруднения, связанные с определением состава и содержания своих функций, спецификой реализации прав и обязанностей и другими нормативно-правовыми аспектами его деятельности. На преодоление выявленных затруднений и было направлено наше исследование.

Цель статьи – определение содержания нормативно-правовых компетенций классного руководителя, путей и средств их формирования у будущих педагогов в процессе педагогической практики.

**Материал и методы.** Материалом исследования послужили теоретико-педагогическая и методическая литература, образовательные стандарты высшего образования для педагогических и научно-педагогических специальностей, типовые учебные программы по дисциплине «Педагогика», нормативные документы, регламентирующие деятельность классного руководителя, данные бесед, опросов, анкетирования студентов-практикантов биологического факультета и факультета математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова, молодых специалистов-педагогов и классных руководителей. Основные методы: анализ литературных и документальных источников, беседа, наблюдение, изучение опыта деятельности, анкетирование студентов и классных руководителей.

**Результаты и их обсуждение.** Деятельность классного руководителя в настоящее время рассматривается преимущественно с позиций функционального и компетентностного подходов, то есть через спектр основных функций или функциональных обязанностей и его профессиональной компетентности. Оба подхода тесно связаны между собой. В инструктивно-методическом плане интерпретация функций содержится в функциональных обязанностях классного руководителя [1].

Для выявления нормативно-правовой составляющей профессиональной компетентности классного руководителя, определения ее структуры и содержания нами были проанализированы образовательные стандарты высшего образования для педагогических и научно-педагогических специальностей [2; 3]. В них профессиональная компетентность классного руководителя в современной школе является составной частью профессиональной компетентности педагога. В соответствии с образовательными стандартами второго поколения для педагогических специальностей она включает такие профессиональные компетенции, как формулировка образовательных и воспитательных целей; осуществление оптимального отбора и эффективной реализации технологий воспитания; организация и проведение воспитательных мероприятий; формирование базовых компонентов культуры личности обучающегося; эффективная реализация технологии деятельности классного руководителя; оценивание уровня воспитанности учащихся и др.

Выделенные по компонентам педагогического, в нашем случае воспитательного, процесса профессиональные компетенции не содержат в явном виде нормативно-правовые составляющие, хотя и предполагают знание кодекса об образовании, концепции воспитания и т.д.

Российские ученые О.С. Ефимова, М.В. Кораблева и др. к рассмотрению профессиональной компетентности классного руководителя подходят с позиций структуры педагогической деятельности и в обобщенном виде представляют ее как совокупность интеллектуально-педагогической, коммуникативной, регулятивной, информационной профессиональных компетентностей в сочетании со специальными компетентностями, отражающими особенности конкретного направления деятельности классного руководителя. К специальным относят аналитическую, здоровьесберегающую, социокультурную, социально-педагогическую и нормативно-правовую компетентности.

Анализ образовательных стандартов высшего образования Республики Беларусь педагогических и научно-педагогических специальностей, исследований профессиональной компетентности белорусских и российских ученых, результаты опросов студентов-практикантов, классных руководителей, молодых специалистов позволили сделать вывод о значимости формирования нормативно-правовой компетентности классного руководителя. Являясь ответственным лицом за реализацию воспитательного процесса в современной школе, классный руководитель должен владеть нормативной базой образовательного процесса, уметь оперировать своими правами и обязанностями.

В структуру нормативно-правовой компетентности классного руководителя входят знание законодательной базы современного образования; применение нормативных и правовых документов в области воспитания; нормативно-правовое обеспечение деятельности классного руководителя; умение применения защиты прав ребенка.

В практике выполнения функциональных обязанностей классного руководителя, на наш взгляд, нормативно-правовая компетентность включает следующие компетенции: умение пользования правовыми информационными ресурсами; знание и умение работать с методической литературой и образовательным законодательством; владение знаниями нормативно-правовых основ деятельности классного руководителя; умение документирования хода и результатов образовательного процесса в классе, предоставления необходимой отчетности.

Формирование нормативно-правовой компетентности классного руководителя может успешно осуществляться в процессе теоретической и практической подготовки будущего специалиста. Освоение функций классного руководителя студентами происходит в процессе изучения дисциплины «Педагогика» и педагогической практики.

Типовая учебная программа по педагогике для обучающихся по педагогической специальности включает такие разделы, как «Педагогика современной школы» и «Педагогические системы и технологии» [4]. В разделе «Педагогика современной школы» изучается процесс воспитания: сущность, закономерности, принципы процесса воспитания и самовоспитания; методы, формы и средства воспитания и самовоспитания; воспитание учащихся в коллективе, семье и социуме. Изучение раздела предполагает знание основополагающих документов в области образования, в первую очередь «Кодекса Республики Беларусь об образовании», «Концепции непрерывного воспитания детей и учащейся молодежи в Республике Беларусь» и др.

В разделе «Педагогические системы и технологии» технологические аспекты деятельности классного руководителя могут быть рассмотрены в контексте проектирования, прогнозирования и осуществления педагогического процесса, изучения воспитательных систем и технологий, коррекционно-педагогической деятельности и профилактики девиантного поведения подростков, информационных технологий в работе педагога.

При освоении данного раздела студент должен знать воспитательные системы и технологии, уметь осуществлять их оптимальный отбор в практической деятельности. Изучение нормативно-правового и методического обеспечения будущей профессиональной деятельности в роли классного руководителя зависит от составителя учебной программы и преподавателя курса [5].

Освоение функций классного руководителя является одной из задач производственной педагогической практики. Содержание и организация ее у студентов педагогических специальностей предполагает формирование навыков профессиональной деятельности на основе изучения опыта работы классного руководителя; умений самостоятельно анализировать, планировать, проводить воспитательную работу и определять пути ее совершенствования. Студенты научно-педагогической специальности во время педагогической практики исследуют систему учебно-воспитательной работы школы, приобретают навыки ее организации.

Формирование профессиональной компетентности классного руководителя во время педагогической практики студентов на выпускном и предвыпускном курсах осуществляется в процессе выполнения заданий на анализ форм, методов и приемов воспитательной работы; планирование, разработку и проведение воспитательных мероприятий; осуществление индивидуального подхода к учащимся и др. Освоение нормативно-правовых основ деятельности классного руководителя в задачах и содержании педагогической практики в явном виде не присутствует, а прослеживается в контексте функций классного руководителя.

Для оценки уровня освоения нормативно-правовых аспектов деятельности классного руководителя нами была разработана и проведена анкета со студентами факультета математики и информационных технологий в количестве 19 человек, а также осуществлен устный опрос студентов биологического факультета в количестве 31 человека.

Из перечня нормативно-правовых документов, на основе которых осуществляется идеологическая и воспитательная работа, студентами были названы Кодекс Республики Беларусь об образовании, Концепция непрерывного воспитания детей и учащейся молодежи в Республике Беларусь, «Положение о классном руководителе», инструктивно-методические материалы по воспитательной работе. Однако привести конкретные примеры таких материалов смогли только 25% (10) опрошенных.

На вопрос о количестве тарифицируемых классному руководителю часов организационно-воспитательной работы с классом, их учете в классном журнале правильно ответили менее трети студентов. Не включены в задания по педагогической практике и требования к оформлению классного журнала.

Знакомство студента-практиканта с классом не предполагает обязательного ознакомления с социально-педагогическим паспортом (характеристикой) класса, который поддерживается в актуальном состоянии в течение года. Как следствие, социально-педагогическому паспорту уделили внимание только 31,6% (6) респондентов.

Составляя план воспитательной работы в закрепленном классе на время практики, студенты изучают план (или фрагмент плана) идеологической и воспитательной работы классного руководителя на четверть или полугодие (включая работу на каникулах, в шестой школьный день). Из участников анкетирования познакомились с ним 94,7% (18).

Достаточно высокий процент практикантов (73,7%) освоил различные варианты документального представления функциональных обязанностей (функций) классного руководителя: прописаны и официально утверждены – 47,4% (9 опрошенных из 19), оформлены документально (взяты из официальных бумаг) – 26,3% (5). Вместе с тем наблюдение за деятельностью классного руководителя и включение в нее не позволяет в полной мере представить и в дальнейшем изучить алгоритм деятельности классного руководителя. Циклограмма классного руководителя оказалась вне поля зрения респондентов.

Ответы студентов-практикантов показали недостаточное владение ими нормативно-правовыми составляющими деятельности классного руководителя.

С целью содействия процессу формирования нормативно-правовой компетентности будущих педагогов в ходе педагогической практики нами было разработано и апробировано задание «Нормативно-правовые основы и учетно-оформительские аспекты деятельности классного руководителя». Оно включало в себя актуализацию законодательства, регулирующего вопросы воспитательной и идеологической работы в учреждениях образования, ознакомление с информационными ресурсами по классному руководству, нормативно-правовой базой воспитательной деятельности классного руководителя в современной школе (Интернет-портал Министерства образования Республики Беларусь (<http://edu.gov.by>), раздел «Управление социальной, воспитательной и идеологической работы»). Для более детального знакомства студентам были предложены «Инструктивно-методическое письмо об организации классного руководства и работы куратора учебной группы в учреждениях образования», приложение 7 к данному письму «Рекомендации по организации деятельности классного руководителя», Инструктивно-методическое письмо «Особенности организации воспитательной и идеологической работы в учреждениях общего среднего образования в 2016/2017 учебном году», «Методические рекомендации по организации и проведению информационных часов в учреждениях образования».

Непосредственно во время практики задание предполагало ознакомление студентов с вариантами функциональных обязанностей (функций) классного руководителя в конкретном учебном заведении и практикой их реализации, правами и обязанностями классного руководителя, ознакомление с циклограммой его деятельности, позволяющей проследить основные этапы работы педагога. Знакомство с классом, классным руководителем и документацией по классному руководству было дополнено нами ознакомлением с социально-демографическим паспортом класса, инструкцией по заполнению классного журнала, в том числе учету часов организационно-воспитательной работы.

По результатам выполнения предложенных заданий 80% студентов показали знание тарификации часов организационно-воспитательной работы с классом, их учета в классном журнале, знание циклограммы классного руководителя – видов деятельности, которые осуществляет классный руководитель ежедневно, еженедельно, каждый месяц, один раз в четверть, один раз в год. 60% практикантов оценили умение пользования правовыми информационными ресурсами в области воспитательной работы 7–8 баллами.

**Заключение.** Проведенное исследование позволяет сделать вывод о недостаточном внимании нормативно-правовой компетентности классного руководителя в процессе подготовки будущих педагогов, целесообразном рассмотрении вопросов нормативно-правового обеспечения деятельности классного руководителя при изучении дисциплины «Педагогика» и включении соответствующих заданий в содержание педагогической практики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструктивно-методическое письмо об организации классного руководства и работы куратора учебной группы в учреждениях образования: утв. М-вом образования Респ. Беларусь 29.11.2012. – 7 с.
2. Образовательный стандарт высшего образования. ОСВО 1-02 05 01-2013. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-02 05 01 Математика и информатика. – Минск: М-во образования Респ. Беларусь, 2013. – 27 с.
3. Образовательный стандарт высшего образования. ОСВО 1-31 04 01-2013. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-31 04 01 Физика (по направлениям). Направление 1-31 04 01-03 Физика (научно-педагогическая деятельность). – Минск: М-во образования Респ. Беларусь, 2013. – 45 с.
4. Педагогика. Типовая учебная программа по учебной дисциплине для специальностей профиля А Педагогика / сост.: А.И. Андарало, И.И. Цыркун, В.А. Капранова [и др.]. – Минск: БГПУ, 2015. – 44 с.
5. Педагогика. Типовая учебная программа по учебной дисциплине для предполагающих присвоение педагогической квалификации специальностей (направлений специальностей) профилей образования: Д «Гуманитарные науки», Е «Коммуникации. Право. Экономика. Управление. Экономика и организация производства», Г «Естественные науки», Н «Экологические науки» / сост.: А.И. Жук, И.И. Казимирская, О.Л. Жук [и др.]. – Минск: БГУ, 2014. – 33 с.

REFERENCES

1. *Instruktywno-metodyciskoye pismo ob organizatsii klassnogo rukovodstva i raboti kuratora uchebnoi gruppi v uchrezhdeniyakh obrazovaniya: utv. M-vom obrazovaniya Respubliki Belarus 29.11.2012* [29.11.2012 Ministry of Education of the Republic of Belarus Instruction and Methodological Letter on Setting up Classroom Management and Student Group Teacher Work at Educational Establishments], 7 p.
2. *Obrazovatelni standart vysshogo obrazovaniya. OSVO 1-02 05 01-2013. Vyshseye obrazovaniye. Pervaya stupen. Spetsialnoct 1-02 05 01 Matematika i informatika.* [Educational Standard of Higher Education OSVO 1-02 05 01-2013. Higher Education First Stage. Qualification 1-02 05 01 Mathematics and Computer Science], Minsk, M-vo obrazovaniya Resp. Belarus, 2013, 27 p.
3. *Obrazovatelni standart vysshogo obrazovaniya. OSVO 1-31 04 01-2013. Vyshseye obrazovaniye. Pervaya stupen. Spetsialnoct 1-31 04 01 Fizika (po napravleniyam). Napravleniye 1-31 04 01-03 Fizika (nauchno-pedagogicheskaya deyatelnoct)* [Educational Standard of Higher Education OSVO 1-31 04 01-2013. Higher Education First Stage. Qualification 1-31 04 01 Physics (Specializations). Specialization 1-31 04 01-03 Physics (Scientific and Pedagogical Activity)], Minsk, M-vo obrazovaniya Resp. Belarus, 2013, 45 p.
4. Andaralo A.I., Tsyrkun I.I., Kapranova V.A. *Pedagogika. Tipovaya uchebnaya programma po uchebnoi distsipline dlia spetsialnoctei profilia A Pedagogika* [Education. Curriculum on the Academic Discipline for Professions of A Group Education], Minsk, BGPU, 2015, 44 p.
5. Zhuk A.I., Kazimirskaia I.I., Zhuk O.L. *Pedagogika. Tipovaya uchebnaya programma po uchebnoi distsipline dlia predpolagayushchikh prisvoyeniye pedagogicheskoi kvalifikatsii spetsialnoctei (napravlenii spetsialnoctei) profilei obrazovaniya: D «Gumanitarniye nauki», E «Kommunikatsii. Pravo. Ekonomika. Upravleniye. Ekonomika i organizatsiya proizvodstva», G «Yestestvenniye nauki», H «Ekologichskiye nauki»* [Education. Curriculum on the Academic Discipline with the Qualification of Teacher of the Directions: D «Humanitarian Sciences», E «Communications. Law. Economics. Management. Economics and Production Organization», G «Natural Sciences», H «Ecological Sciences», Minsk, BGU, 2014, 33 p.

Поступила в редакцию 08.02.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: zagorulkorv@tut.by – Загорюлько Р.В.

## Разработка и использование приложения «Editor-Sections» для изучения школьного курса геометрии

Л.Л. Ализарчик, М.А. Алейников, В.И. Хапанков  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»

*В работе рассмотрены основные возможности применения новых информационных технологий при решении задач на построение в процессе изучения геометрического материала.*

*Цель статьи – представить опыт создания и применения программного продукта, позволяющего использовать компьютерную графику для развития пространственного интеллекта при изучении школьного курса геометрии и формировать умения решать позиционные и метрические задачи на построение на проекционных чертежах.*

**Материал и методы.** *В качестве среды разработки для реализации программного обеспечения на языке программирования C++ был выбран кроссплатформенный фреймворк Qt. В процессе создания приложения использовалась технология OpenGL (Open Graphics Library). Педагогический эксперимент проводился с учащимися ГУО «СШ № 45» и «Гимназия № 1» г. Витебска, студентами факультета математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова, учащимися Оршанского колледжа ВГУ имени П.М. Машерова.*

**Результаты и их обсуждение.** *Определены основные направления применения созданного программного продукта «Editor-Sections» при изучении стереометрического материала. Раскрыты преимущества применения компьютерных средств в процессе работы с проекционными чертежами. Представлены результаты проведенного педагогического эксперимента.*

**Заключение.** *Разработанное приложение «Editor-Sections» может быть использовано преподавателями математики, студентами, учащимися учреждений общего среднего, среднего специального и высшего образования для развития пространственного мышления и формирования умения решать задачи на проекционных чертежах при изучении геометрического материала.*

**Ключевые слова:** *современные информационные технологии, компьютерная графика, программный продукт, геометрия, проекционный чертеж, многогранник, пространственное мышление.*

## Development and Application of School Geometry Course «Editor-Sections» Supplement

L.L. Alizarchik, M.A. Aleinikov, V.I. Khapankov  
Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

*Basic possibilities of the application of new information technologies in solving construction problems in learning Geometry material are considered in the paper.*

*The purpose is to present the experience of creation and application of software, which makes it possible to use computer graphics to develop space intellect in learning the school course of Geometry and to shape skills to solve position and metric construction problems in projection drawings.*

**Material and methods.** *As the environment of the development of the C++ software the crossplatform framework Qt was used. OpenGL (Open Graphics Library) technology was used in creating the supplement. The pedagogical experiment was conducted with School No 45, Gymnasium No1 schoolchildren, Mathematics Faculty students of Vitebsk State University and Orsha VSU College.*

**Findings and their discussion.** *Basic directions of the application of the created software «Editor-Sections» in learning stereometric material are identified. Advantages of using computer means in working with projection drawings are revealed. Results of the pedagogical experiment are presented.*

**Conclusion.** «Editor-Sections» supplement can be used by Math teachers, university and college students, secondary schoolchildren to develop space thinking and shape the skill of solving problems in projection drawings while learning Geometry.

**Key words:** contemporary information technologies, computer graphics, software, Geometry, projection drawing, multiangle, space thinking.

По мнению многих психологов, развитие пространственного интеллекта играет значительную роль в повышении эффективности познавательной деятельности учащихся и усвоения учебных дисциплин [1, с. 41]. Развитию пространственного мышления способствуют оперирование трехмерными образами, восприятие геометрических тел по их плоским изображениям, переход от трехмерного пространства к двумерному при изучении стереометрического материала в школьном курсе геометрии. При решении стереометрических задач широко используется такой вид умственной деятельности, как оперирование визуальными пространственными образами. Однако практика показывает, что вследствие введения учеников в пространственную геометрию в основном в старших классах и увлечения так называемой аналитической геометрией у многих выпускников школ сформированы не пространственные, а плоские представления [2, с. 71].

Проблемы обучения геометрии становятся особенно актуальными сегодня в связи с излишней ориентацией учителей на задания централизованного тестирования, в которые не включаются задачи на построение и доказательство, способствующие развитию пространственного воображения и логического мышления [3, с. 14]. В школьном курсе геометрии учащиеся, как правило, очень мало решают стереометрических задач на построения на проекционных чертежах, которые также способствуют формированию различных уровней пространственного мышления.

Статические чертежи на доске и в учебных пособиях часто не упрощают изучение стереометрического материала, а создают дополнительные трудности при восприятии изображений. Практика использования современной компьютерной графики в школьных и студенческих аудиториях подтверждает эффективность работы с виртуальными динамическими изображениями: построения с помощью программных средств проводятся значительно качественнее и быстрее, подвижные чертежи создают сильное впечатление глубины, благодаря обратной связи учащиеся могут контролировать решение задач оперативно и самостоятельно [4, с. 27]. Применение современных информационных технологий позволяет модернизировать преподавание геометрии, так как цифровые учебные ресурсы качественно отличаются от традиционных своей интерактивностью и мультимедийностью [5, с. 4].

Цель статьи – представить опыт создания и применения программного продукта, позволяющего использовать компьютерную графику для развития пространственного интеллекта при изучении геометрического материала и формировать умения решать позиционные и метрические задачи на построение на проекционных чертежах.

**Материал и методы.** В качестве среды разработки для реализации программного обеспечения на языке программирования C++ был выбран кроссплатформенный фреймворк Qt. В процессе создания приложения использовалась технология OpenGL (Open Graphics Library), которая позволила значительно сократить время разработки графической части приложения [6, с. 8].

Педагогический эксперимент проводился с 2017 года на факультете математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова со студентами четвертого курса дневной и заочной форм получения образования (специальности «Прикладная математика» (научно-педагогическая деятельность) и «Математика и информатика»), магистрантами (специальность «Теория и методика обучения и воспитания (в области математики)»). Апробация программы «Editor-Sections» осуществлялась также с учащимися Оршанского колледжа ВГУ имени П.М. Машерова (специальность «Программное обеспечение информационных технологий»). Разработанная программа использовалась и на занятиях по геометрии в профильных десятых классах ГУО «СШ № 45» и «Гимназия № 1» г. Витебска.

**Результаты и их обсуждение.** Студентами факультета математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова при выполнении курсовых и дипломных работ, магистерских диссертаций исследуются новые дидактические возможности использования современных интерактивных средств обучения геометрии. При проведении научно-методического исследования на кафедре алгебры и методики преподавания математики была разработана и прошла апробацию в школьной и студенческой аудиториях компьютерная программа «Editor-Sections», которая позволяет при изучении геометрии формировать умения решать позиционные и метрические задачи на построение на проекционных чертежах (рис. 1).

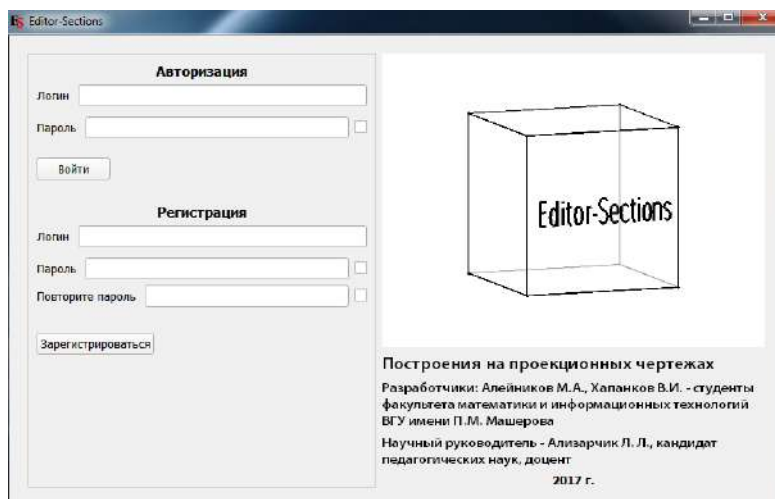


Рис. 1. Стартовая страница программы «Editor-Sections»

В разработанном приложении реализовано несколько основных функций: регистрация и авторизация, управление доступом, составление и редактирование задач, решение задач, создание тестов, выполнение тестов, запись и просмотр демо-роликов, статистика результатов тестирования.

Функция авторизации позволяет разделить права учителя и учащихся, а также идентифицировать ученика при выполнении тестовых заданий. Преподаватель, обладая всеми правами, с помощью окна «Управление доступом» может предоставлять учащимся доступ к различным функциям, в том числе составлению задач и тестов, записи демо-роликов и другим.

С помощью вкладки «Составление задач» благодаря упорядоченному интерфейсу и различным внутренним методам программы пользователь может быстро и легко создавать новые задачи. Банк правильных многогранников помогает строить изображения призм и пирамид с различным количеством вершин в основании. Благодаря простейшим способам изменения чертежа (движение вершин, масштабирование, имитация вращения, добавление точек) можно создавать чертежи любых выпуклых и невыпуклых многогранников, различных по форме и расположению относительно плоскости проекции (рис. 2). Разработчиками приложения предусмотрено изменение цветовой гаммы точек и линий для того, чтобы сделать чертежи нагляднее и информативнее. Прямые и точки отрисовываются в программе с помощью стандартных функций технологии OpenGL.

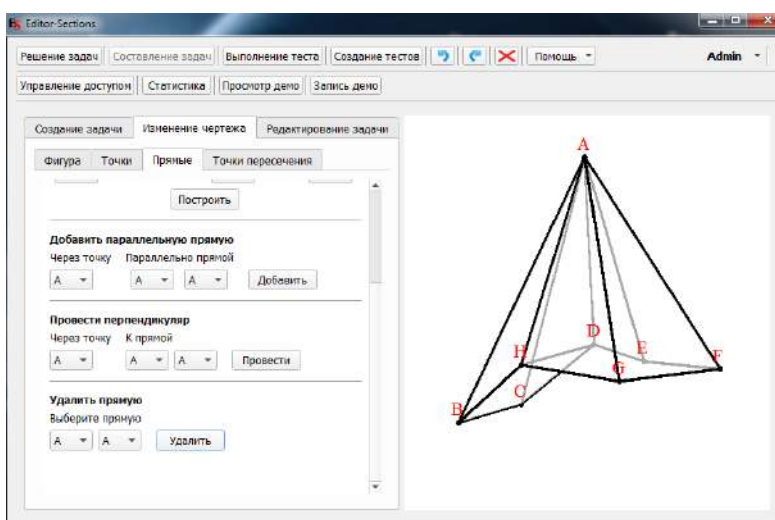


Рис. 2. Создание чертежей многогранников

Построенные на экране компьютера изображения можно использовать в качестве чертежей для создаваемых задач, а также для наглядных электронных фронтальных или индивидуальных демонстраций при изучении различных тем школьного курса геометрии.

Программой предусмотрена имитация на экране компьютера вращения в пространстве стереометрических чертежей, что при анализе изображения создает сильный эффект глубины и способствует адекватному восприятию плоских изображений геометрических тел. При решении задач на построение «вращение» изображения фигуры помогает учащимся уточнить взаимное расположение элементов фигуры. При работе с динамическими изображениями у учеников исчезает психологический барьер перед незнакомым чертежом, так как они не пытаются вспомнить, изображением какой фигуры может быть предъявленный рисунок, а всякий раз конструируют мысленный образ многогранника, что является важнейшим компонентом умения «читать» графические изображения.

Текст новой задачи вводится пользователем с помощью клавиатуры как в обычном текстовом документе, затем сохраняется после проверки и необходимого редактирования (рис. 3). Составителю задачи нет необходимости ее решать, так как в программе предусмотрены различные варианты предварительного ввода ответа по нескольким точкам, задающим плоскость или прямую. Программа сама предъявляет составителю задачи ответ на чертеже.

Приложение на данном этапе содержит более ста задач, дифференцированных по типам: на развитие пространственных представлений; на построение прямой, перпендикулярной заданной плоскости; на построение сечений по трем заданным точкам, по следу и точке, через заданную точку параллельно заданной плоскости (перпендикулярно заданной прямой), через заданную прямую параллельно другой заданной прямой; на построение угла между скрещивающимися прямыми и между плоскостями; на построение общего перпендикуляра для скрещивающихся прямых. Пользователи могут сами добавлять новые типы задач, самостоятельно конструировать задания для последующего решения, создавая чертежи и условия с помощью специальных функций приложения.

В базе задач содержатся упражнения, решение и проверка которых с помощью обычных чертежных инструментов на меловой доске или в тетради достаточно трудоемки. Например, на построение сечения по трем точкам, не лежащим на поверхности многогранника, на построение перпендикулярных прямых и плоскостей. Как показал эксперимент, такие задачи, которые могут быть решены различными способами и требуют большого количества шагов при построении, целесообразно предлагать учащимся профильных классов (рис. 4).

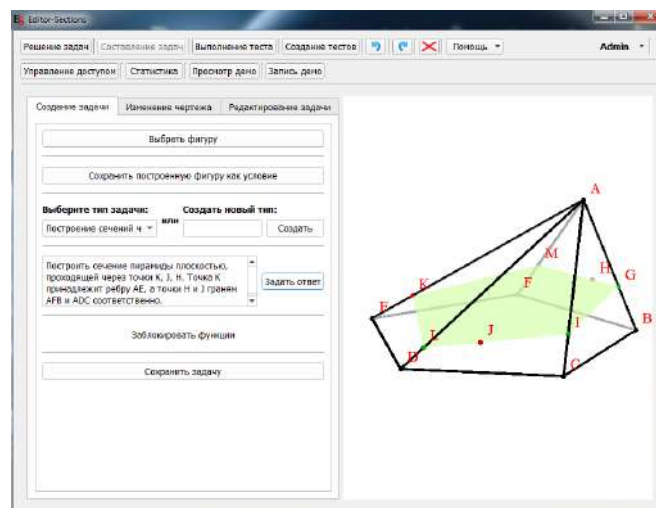


Рис. 3. Создание задачи на построение сечения

Благодаря заложенным функциям на созданных изображениях с помощью клавиатуры и мыши можно проводить следующие геометрические построения: находить точки пересечения прямых, проводить прямые через заданные точки, задавать дополнительные точки и изменять их расположение, строить прямые, параллельные (перпендикулярные) заданным, откладывать отрезки заданной длины (рис. 5). В отличие от тетрадного листа программа «Editor-Sections» моментально реагирует на построение точки пересечения скрещивающихся прямых, позволяет вернуться на любой этап построения, моментально удалить ошибочно построенные прямые и точки, а также узнать о правильности решения задачи (рис. 6).

Проведенные эксперименты показали, что благодаря уникальным возможностям и удобному интерфейсу программы учащиеся легко овладевают умениями решать различные стереометрические задачи на построение. С помощью программы можно формировать умения решать задачи на построение сечений многогранников плоскостью различными методами: следов, внутреннего проектирования, параллельных прямых и плоскостей, переноса секущей плоскости, достраивания до треугольной призмы (пирамиды), разделяющей плоскости и др. Использование приложения позволяет предлагать учащимся проводить метрические построения, которые предусматривают откладывание отрезков заданной длины и разбиение отрезка в заданном отношении: построение прямой, перпендикулярной задан-

ной прямой (плоскости); построение сечения многогранника плоскостью, проходящей через заданную точку перпендикулярно заданной прямой и др. Все названные возможности программы помогают использовать ее при изучении геометрии на повышенном уровне в профильных классах, так как современные образовательные технологии вносят изменения в содержание математического образования [7, с. 134].

Приложение «Editor-Sections» позволяет создавать и редактировать неограниченное количество вариантов тестов, включая в них имеющиеся в программе задачи одного или различных типов (рис. 7). Сохраняющиеся в специальном log-файле все данные тестирования в любой момент доступны преподавателю. В сформированной таблице результатов выполненных тестов можно увидеть название теста, фамилию и имя учащегося, результат тестирования, дату проведения и затраченное время. По окончании тестирования учитель может просмотреть и проанализировать последовательность проводимых учащимися построений, что позволит уточнить степень рациональности выполненного решения задачи и определить ошибочные действия в случае неправильного ответа (рис. 8).

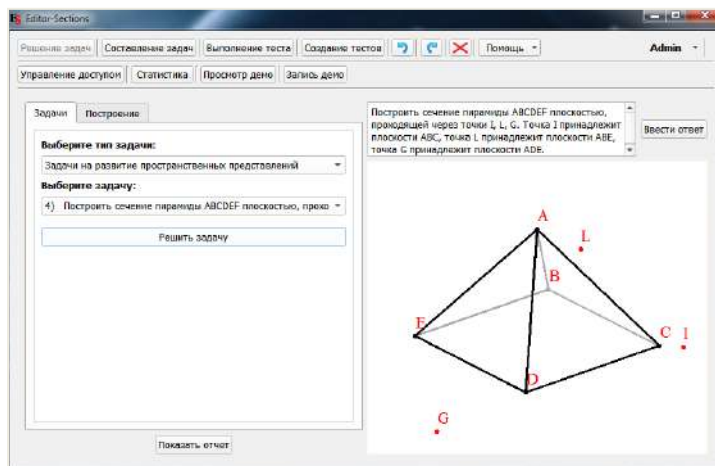


Рис. 4. Пример задачи на развитие пространственных представлений

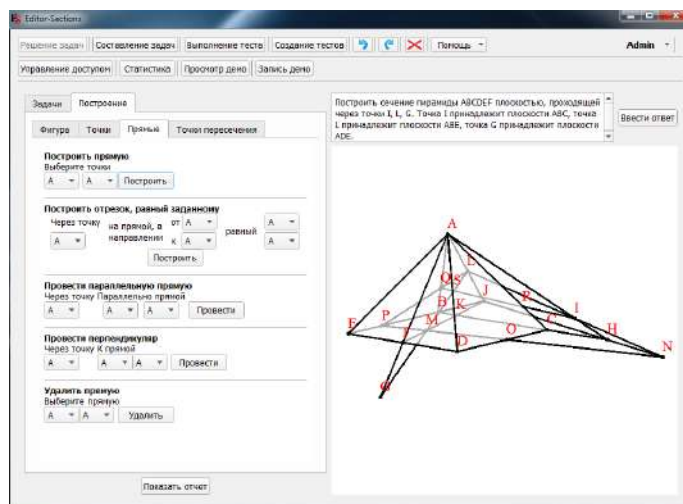


Рис. 5. Решение задачи с помощью инструментов программы

При решении любой задачи учащиеся после ввода ответа сразу же узнают, верно ли проведены все построения, что помогает осуществлять реальный самоконтроль учебной деятельности. Таким образом, при предоставлении доступа к решению задач всех типов у учеников появляется возможность самостоятельно решать любое количество задач различной сложности, оперативно контролируя правильность выполненных построений.

В разработанной компьютерной программе реализована возможность создания обучающих алгоритмов решения задач (демо-роликов), способствующих пониманию и усвоению методов построения на проекционных чертежах. Демонстрационные ролики может создавать и сохранять преподаватель, предусматривая различные методы решения одной и той же задачи. Право создания таких алгоритмов целесообразно предоставлять самим учащимся, которые самостоятельно могут предложить нестандартные и оригинальные способы решения более сложных задач.

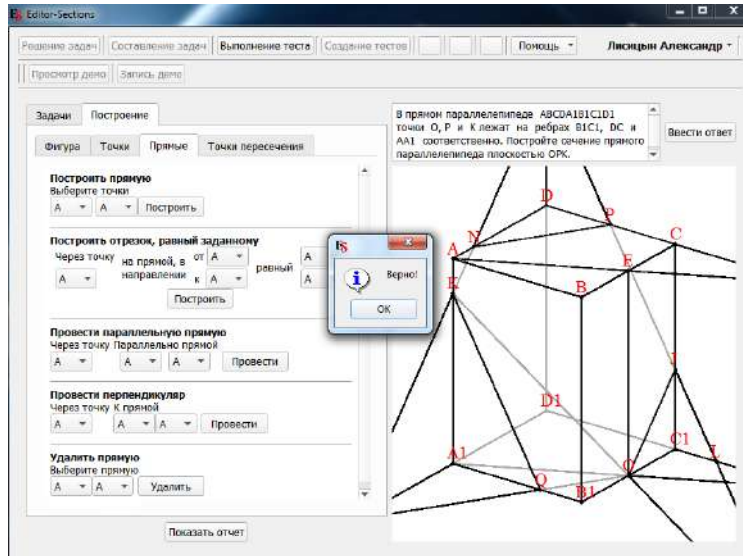


Рис. 6. Проверка введенного ответа

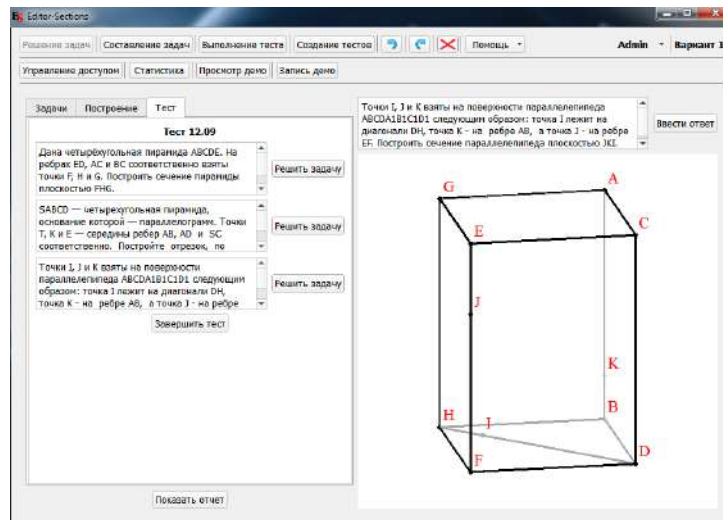


Рис. 7. Выполнение тестов

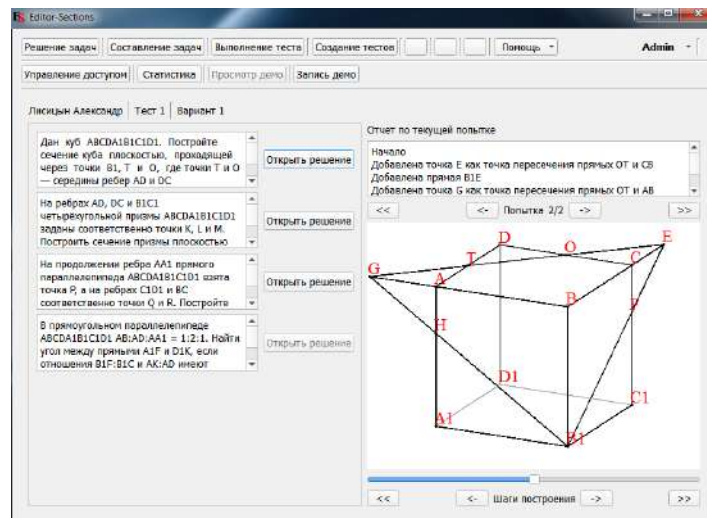


Рис. 8. Пошаговый просмотр отчета о решении задачи

В ходе педагогического эксперимента с использованием приложения «Editor-Section» была апробирована возможность сочетания фронтальной работы, организованной с помощью интерактивной доски (проектора, мультиторда), с индивидуальной деятельностью учащихся на персональных компьютерах. Также исследовалась возможность применения приложения на моноблоках с сенсорными экранами. При этом никаких дополнительных проблем при решении задач на построение не обнаружено.

Благодаря проведенным занятиям в различных университетских лабораториях, в компьютерных классах ГУО «Гимназия № 1 г. Витебска» и Оршанского колледжа было установлено, что программа адекватно функционирует в локальной сети и с ней можно работать параллельно в нескольких компьютерных аудиториях. Как показал эксперимент, студенты и десятиклассники не испытывали дополнительных сложностей, проводя на экране построения с помощью клавиатуры и мыши, без традиционных чертежных инструментов (циркуля и линейки). Наоборот, работа в интерактивном режиме, построение четких линий, оперативная отмена действий, имитация вращения стереометрического чертежа способствовали более успешному решению задач и выполнению тестовых заданий.

**Заключение.** Разработанное приложение «Editor-Sections», благодаря использованию интерактивных методов обучения геометрии, позволяет развивать у учащихся пространственный интеллект и формировать интерес к предмету. Программный продукт может быть применен преподавателями математики, студентами, учащимися учреждений общего среднего, среднего специального и высшего образования для формирования умения решать задачи на построение на проекционных чертежах при изучении стереометрического материала.

Так как при использовании сенсорных экранов в процессе педагогического эксперимента у пользователей не возникло дополнительных сложностей при работе с программным продуктом, то в перспективе предполагается исследовать возможность переноса приложения на мобильную платформу Android.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Круглик, А.В. Возрастные особенности пространственного интеллекта в контексте образовательного процесса / А.В. Круглик // Педагогическая наука и образование. – 2017. – № 3. – С. 41–47.
2. Каплунович, И.Я. О психологических различиях мышления двумерными и трехмерными образами / И.Я. Каплунович // Вопросы психологии. – 2003. – С. 66–77.
3. Рогановский, Н.М. Методические особенности представления геометрических задач в электронных средствах обучения / Н.М. Рогановский, Е.Н. Рогановская, С.С. Новашинская // Матэматыка. – 2014. – № 1. – С. 14–21.
4. Ализарчик, Л.Л. Современные подходы к использованию информационных и коммуникационных технологий при изучении математики / Л.Л. Ализарчик // Современное образование Витебщины. – 2013. – № 1(1). – С. 26–31.
5. Казачёнок, В.В. Использование информационно-образовательных ресурсов в учебном процессе / В.В. Казачёнок // Матэматыка. – 2014. – № 6. – С. 4–9.
6. Алейников, М.А. Использование программы «Editor-sections» для решения задач на проекционных чертежах / М.А. Алейников, В.И. Хапанков // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Витебск, 21 апр. 2017 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2017. – С. 7–9.
7. Ализарчик, Л.Л. Использование компьютерной графики при изучении геометрии в профильных классах / Л.Л. Ализарчик // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XXIII (70) Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 15 февр. 2018 г.: в 2 т. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2018. – Т. 2. – С. 133–134.

## REFERENCES

1. Kruglik A.V. *Peadagogicheskaya nauka i obrazovaniye* [Pedagogical Science and Education], 2017, 3, pp. 41–47.
2. Kaplunovich I.Ya. *Voprosi psikhologii* [Issues of psychology], 2003, pp. 66–77.
3. Roganovski N.M., Roganovskaya E.N., Novashinskaya S.S. *Matematika* [Mathematics], 2014, 1, pp. 14–21.
4. Alizarchik L.L. *Sovremennoye obrazovaniye Vitebshchiny* [Contemporary Education in Vitebsk Region], 2013, 1(1), pp. 26–31.
5. Kazachenok V.V. *Matematika* [Mathematics], 2014, 6, pp. 4–9.
6. Aleinikov M.A., Khapankov V.I. *Molodost. Intellect. Initsiativa: materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii prepodavatelei, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov, Vitebsk, 21 apreliya 2017 g.* [Youth. Intellect. Initiative: Proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference of Students and Postgraduates, Vitebsk, April 21, 2017], Vitebsk, Vitebsk State P.M. Masherov University, 2017, pp. 7–9.
7. Alizarchik L.L. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy XXIII (70) Regionalnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii prepodavatelei, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov, Vitebsk, 15 fevralia 2018 g.* [Science – to Education, Industry, Economy: Proceedings of the XXIII (70) Regional Scientific and Practical Conference of Teachers, Researchers and Postgraduates, Vitebsk, February 15, 2018], Vitebsk, Vitebsk State P.M. Masherov University, 2018, Vol. 2, pp. 133–134.

Поступила в редакцию 29.06.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: alizarchik@tut.by – Ализарчик Л.Л.

## Спортивная тренировка студентов-прыгунов к выступлению на соревнованиях с использованием модельных характеристик техники прыжка

А.Г. Мусатов

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

*В работе раскрываются подходы спортивной тренировки студентов-спортсменов к выступлению на соревнованиях в легкоатлетических прыжках (в высоту и в длину с разбега, тройном прыжке). Для достижения высоких спортивных результатов существенное значение имеют конкретные характеристики техники прыжков, интегрально отраженные в ритмической структуре сочетания разбега с отталкиванием. Данные характеристики лежат в основе представленных в статье моделей, ориентируясь на которые возможно индивидуализировать содержание тренировочного процесса.*

*Цель статьи – показать эффективные подходы в методике технической и физической подготовки спортсменов-легкоатлетов, тренирующихся в группах спортивного совершенствования учреждения высшего образования.*

**Материал и методы.** *Материалом послужили научные и методические работы отечественных и зарубежных специалистов спортивной тренировки в различных скоростно-силовых видах спорта, а также научные исследования и практические наработки М.М. Шура, результаты многолетнего практического опыта тренировочной деятельности автора в подготовке студентов-спортсменов к выступлению на соревнованиях различного уровня [1; 2]. Методы: изучение документов планирования спортивной тренировки и дневников спортсменов; наблюдение; беседа; системный анализ и моделирование тренировочного процесса; педагогическое тестирование; методы математической статистики.*

**Результаты и их обсуждение.** *Для достижения высоких спортивных результатов в прыжках в высоту существенное значение в характеристиках техники прыжков имеют оптимальная скорость заключительной части разбега, соотношение длины и темпа последних шагов разбега, динамика темпа к моменту постановки толчковой ноги на место отталкивания. Все эти характеристики, интегрально отраженные в ритмической структуре сочетания разбега с отталкиванием, лежат в основе моделей двигательных действий, обеспечивающих достижение заданных спортивных результатов: в прыжке в высоту у мужчин (юношей) на уровне 195–205 см, 210–215 см, 225 и выше, у женщин (девушек) – 165–170 см, 175–185 см, 185–195 см.*

**Заключение.** *Одним из эффективных подходов к тренировке студентов-легкоатлетов, занимающихся в группах спортивного совершенствования, является осуществление учебно-тренировочного процесса на основе специально разработанных модельных характеристик техники прыжка и учебно-тренировочных программ, позволяющих прогнозировать и проектировать для каждого спортсмена необходимый комплекс тренировочных воздействий.*

**Ключевые слова:** *спортивная тренировка, студенты, моделирование, прыжки в высоту, спортивные достижения.*

## Sports Training of Jumper Students for Performance at Competitions Using Model Characteristics of Leap Technique

A.G. Musatov

Educational Establishment «Vitebsk State Technological University»

*In the article approaches of sports training of students-sportsmen to performance at track and field jumps competitions (height and length from running start, triple jump) are opened. To achieve high sporting results in high jump, the specific characteristics of jumping technique are integrally reflected in the rhythmic structure of the combination of take-off and repulsion. These characteristics are the basis of the models presented in the article, focusing on which the content of the training process is individualized.*

*The purpose of the article is to demonstrate efficient approaches in technical and physical training methods of athletes in groups of sport improvement at a higher educational establishment.*

**Material and methods.** *The material was the scientific and methodical work of domestic and foreign experts in sports training in various speed-strength sports, as well as scientific research and practical developments of M.M. Shur, results of many years of practical experience of the author's training activity in training student athletes to perform at competitions of various levels [1; 2]. The methods used are analysis of literary sources; study of planning documents for sports training and diaries of athletes; observation; conversations; system analysis and modeling of the training process; pedagogical testing; methods of mathematical statistics.*

**Findings and their discussion.** *To achieve high sports results in high jump, the optimal speed of the final part of the take-off, the ratio of the length and the tempo of the last steps of the take-off, the dynamics of the tempo at the time of setting the jogging foot to the place of repulsion are of considerable importance in the characteristics of the jumping technique. All these characteristics which are integrally reflected in the rhythmic structure of the combination of takeoff and repulsion are the basis for models of motor actions that ensure the achievement of given sports results: in men's (boys') jump in height 195–205 cm, 210–215 cm, 225 and above, in women (girls) – 165–170 cm, 175–185 cm, 185–195 cm.*

**Conclusion.** *One of the effective approaches to training athletes engaged in sports improvement groups is the implementation of the training process on the basis of specially developed model characteristics of the jump technique and training programs, which allow to predict and design for each athlete the necessary set of training influences.*

**Key words:** *sports training, students, modeling, high jump, sports achievements.*

На протяжении многих лет подготовка спортсменов-легкоатлетов, обучающихся в Витебском государственном технологическом университете, осуществляется через программное обучение и совершенствование техники основных видов легкой атлетики в тесном практическом и творческом сотрудничестве с заслуженным тренером СССР по легкой атлетике, кандидатом педагогических наук М.М. Шуром.

В основе методики спортивной тренировки лежит рациональное использование средств общей физической подготовки (ОФП) и нетрадиционных физических упражнений, способствующих сопряженному увеличению проявления силы и уменьшению времени опоры в фазе отталкивания в циклических и ациклических движениях легкоатлета.

Особенно выраженный эффект данного подхода отражается в подготовке студентов-спортсменов к выступлению на соревнованиях в легкоатлетических прыжках (в высоту и в длину с разбега, тройном прыжке).

Применение нестандартных средств для усиления тренировочных воздействий построено не на увеличении объема тренировочной работы при подготовке легкоатлетов-прыгунов от младших разрядов до высшего мастерства, а на развитии межмышечной координации, на установлении тонких координационных связей при выполнении специальных и соревновательных упражнений, тренировочных прыжков и прыжков в зоне средней, большой и максимальной интенсивности.

Система подготовки спортсмена предполагает, что на каждой тренировке часть тренировочного времени обязательно посвящается совершенствованию техники прыжка, то ли в форме выполнения специальных или соревновательных упражнений, то ли в форме основного прыжка (например, фосбери-флоп), то ли в форме выполнения прыжков в высоту другими способами (перекидным, перешагиванием).

Содержание тренировочного процесса не сводится к натаскиванию лишь в легкоатлетических прыжках. Одновременно с изучением и совершенствованием техники прыжков в высоту студенты группы спортивного совершенствования изучают и совершенствуют технику сопутствующих видов легкой атлетики (прыжков в длину, спринта и барьерного бега).

Цель статьи – показать эффективные подходы в методике технической и физической подготовки спортсменов-легкоатлетов, тренирующихся в группах спортивного совершенствования учреждения высшего образования.

**Материал и методы.** Материалом послужили научные и методические работы отечественных и зарубежных специалистов спортивной тренировки в различных скоростно-силовых видах спорта, а также научные исследования и практические наработки М.М. Шура, результаты многолетнего практического опыта тренировочной деятельности автора в подготовке студентов-спортсменов к выступлению на соревнованиях различного уровня (городских, областных, республиканских и международных) по легкой атлетике [1–3].

Использованы методы педагогического исследования в физическом воспитании и спортивной тренировке: изучение документов планирования спортивной тренировки и дневников спортсменов; наблюдение; беседа; системный анализ и моделирование тренировочного процесса; педагогическое тестирование; методы математической статистики.

**Результаты и их обсуждение.** В соответствии с имеющимися возрастными данными сильнейших легкоатлетов мира (в частности прыгунов в высоту) легко заметить, что высокие результаты достигаются спортсменами различного возраста. Победителями и призерами Олимпийских игр и чемпионатов мира становились спортсмены в возрасте от 16,8 до 31,4 лет среди мужчин и от 16,5 до 30,3 лет – среди женщин (табл. 1).

Возраст демонстрации высших спортивных достижений у прыгунов в высоту

Показатели	Возраст, лет		
	минимальный	средний	максимальный
<b>Женщины</b>			
Победители Олимпийских игр и чемпионатов мира	17,5	20	23–25
Возраст начала занятий прыжками	8–10	11–12	12–13
Возраст достижений результатов			
1,80–1,85	15–17	16–18	17–19
1,85–1,90	16–18	17–19	19–21
1,93–1,95	19–21	20–22	21–23
1,95–2,00	20–23	21–24	22–26
2,00–2,05	21–24	22–25	23–27
<b>Мужчины</b>			
Победители Олимпийских игр и чемпионатов мира	18–20	20–23	23–27
Возраст начала занятий прыжками	8–10	11–12	12–13
Возраст достижений результатов			
2,00–2,05	15,1	16–18	17–19
2,10–2,15	16,0	17–19	19–21
2,20–2,25	16,9	19–22	20–23
2,30–2,32	17,2	20–23	22–24
2,32–2,40	21,1	21–24	24–28

Результаты проведенных в этом направлении исследований и практического опыта позволили в многолетней подготовке прыгунов в высоту выделить 3 стадии с подразделением их на этапы и время достижения наивысших результатов (М.М. Шур):

I стадия – базовая подготовка. Включает два этапа: этап предварительной спортивной подготовки и отбора (10–12 лет); этап начальной спортивной специализации (13–15 лет).

II стадия – развитие спортивных возможностей. Подразделяется на два этапа: этап углубленной тренировки (15–16 лет, при достижении результатов у юношей, девушек); этап спортивного совершенствования (17–18 лет, при достижении результатов у юношей, девушек).

III стадия – высшего спортивного мастерства. Включает два этапа: этап дальнейшего совершенствования взаимосвязи между техническим мастерством прыгунов в высоту и двигательным потенциалом (19–22 года, результат у мужчин – 225–240 см, женщин – 195–210 см); этап долголетия спортивного мастерства (23–30 лет).

Представленная структура многолетнего учебно-тренировочного процесса подготовки прыгунов в высоту в целом верна для подавляющего большинства спортсменов, но практика показывает, что одновременно данная структура подчиняется индивидуальным психомоторным способностям (особенностям) спортсмена. Эти спортсмены, не изменяя основных закономерностей последовательности (этапности) многолетней подготовки, в то же время приближаются к своим максимальным достижениям на один-три года раньше оптимальных возрастных зон.

Вышеизложенные обстоятельства выступают в числе ведущих детерминант моделирования спортивной тренировки спортсмена-студента, временные границы которой ограничиваются 4–5-летним сроком обучения в УВО. При этом преследуется естественная цель демонстрации максимально высоких результатов на всех основных межвузовских соревнованиях спортивного календаря.

Учебно-тренировочный процесс осуществляется на основе специально разработанных программ, позволяющих прогнозировать и проектировать для каждого спортсмена необходимый комплекс тренировочных воздействий.

При этом в такой программе ведущими составляющими практической реализации рациональной техники прыгуна на соревновании выступают повышение силовых характеристик, увеличение скорости и угловых скоростей в суставах при выполнении основных элементов прыжка.

С учетом уровня квалификации спортсмена студенты подразделяются на 3 группы прыгунов (табл. 2).

**Квалификационные группы для индивидуализации тренировочного процесса**

Спортсмены, спортивный разряд или звание	Пол	Спортивный результат
Мастера спорта и мастера спорта международного класса	Ж	1,86–1,92 м и выше
	М	2,26 м и выше
Кандидаты в мастера спорта и мастера спорта	Ж	1,75–1,85 м
	М	2,10–2,15 м
1-й разряд и кандидаты в мастера спорта	Ж	1,65–1,70 м
	М	1,95–2,05 м

Сравнительный анализ техники движений прыгунов в высоту различной квалификации (от 1-го разряда до МСМК) показывает, что по мере роста спортивно-технического мастерства спортсмена снижается вариативность показателей, характеризующих эффективность технического мастерства прыгунов. Изменения по основным параметрам движения носят однонаправленный характер. Характерная взаимосвязь изучаемых параметров наблюдается и у женщин (М.М. Шур). Для достижения высоких спортивных результатов в прыжках в высоту существенное значение в характеристиках техники прыжков имеют оптимальная скорость заключительной части разбега, соотношение длины и темпа последних шагов разбега, динамика темпа к моменту постановки толчковой ноги на место отталкивания. Все эти характеристики, интегрально отраженные в ритмической структуре сочетания разбега с отталкиванием, лежат в основе моделей двигательных действий, обеспечивающих достижение заданных спортивных результатов: в прыжке в высоту у мужчин (юношей) на уровне 195–205 см, 210–215 см, 225 и выше, у женщин (девушек) – 165–170 см, 175–185 см, 185–195 см. Пример модели, используемой нами в практической работе со студентами отделения спортивного совершенствования в тренировке спортсменов 3-й квалификационной группы, по представительству наиболее многочисленной в спортивном отделении УВО, предложен в табл. 3, 4.

Таблица 3

**Ориентировочная модель двигательных действий, обеспечивающих достижение студентками группы спортивного отделения результатов в прыжке в высоту 165–175 см**

Прыжок, см	165	165	170	170	170	170	170	Корреляция	Надо	Приблизительный результат
Количество беговых шагов разбега	8	9	9	10	10	10	11	0,750	773	от 8 до 11
Количество шагов, выполняемых по дуге	3	3	3	4	4	4	3	0,548	575	от 3 до 4
Время пробегания всего разбега	2,76	2,75	2,73	2,75	2,78	2,71	2,70	–0,362	–367	2,77
Время пробегания трех последних шагов	0,65	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65	–0,730	–681	0,65
Скорость разбега перед отталкиванием	6,24	6,33	6,38	6,45	6,50	6,46	6,36	0,794	797	6,24–6,51
Угол разбега на последних шагах относительно проекции планки	30	30	31	32	32	36	36	0,645	643	30–40
Угол вылета	26	26	27	27	27	26	26	0,548	526	27
Оценка технической эффективности	9,1	10,5	10,5	10,6	10,4	10,4	10,4	0,617	618	10,1–10,4

Таблица 4

**Ориентировочная модель двигательных действий, обеспечивающих достижение студентами группы спортивного отделения результатов в прыжке в высоту на уровне 195–205 см**

Прыжок, см	195	195	202	202	203	205	205	Корреляция	Надо	Приблизительный результат
Количество беговых шагов разбега	8	9	9	9	9	10	11	0,790	776	от 8 до 11
Количество шагов, выполняемых по дуге	3	5	4	4	4	5	5	0,482	518	от 3 до 5
Время пробегания всего разбега	2,77	2,76	2,77	2,77	2,77	2,75	2,71	-0,566	-576	2,77
Время пробегания трех последних шагов	0,67	0,66	0,67	0,67	0,65	0,64	0,63	-0,553	-535	0,65
Скорость разбега перед отталкиванием	7,05	7,15	7,17	7,17	7,30	7,25	7,32	0,624	624	7,04–7,31
Угол разбега на последних шагах относительно проекции планки	30	32	35	40	35	32	34	0,385	388	30–40
Угол вылета	26	26	26	26	26	27	27	0,747	704	27
Оценка технической эффективности	9,0	10,5	10,5	10,6	10,4	10,4	10,5	0,538	553	10,1–10,5

В соответствии с данными моделями индивидуализируется тренировочный процесс, параметры которого представлены в табл. 5 (на примере подготовки прыгуньи на уровне 1-го и выше спортивного разряда).

Таблица 5

**Ориентировочные показатели объемов тренировочных нагрузок, обеспечивающих достижение студентками группы спортивного отделения результатов в прыжке в высоту на уровне 195–205 см**

Показатели	Уровень подготовленности		
	1,65 м	1,70 м	1,75 м и выше
1	2	3	4
Количество тренировочных занятий в год	200–220	210–230	230–245
Количество прыжков в высоту с полного разбега	380–400	400–430	430–460
Количество прыжков в высоту со среднего разбега	440–460	460–490	490–520
Количество прыжков в высоту с короткого разбега	280–320	250–280	220–250
Спринтерский бег на отрезках до 80 м, км	5,5–6,0	5,8–6,3	6,3–6,5
Спринтерский бег на отрезках от 80 до 200 м, км	5,5–6,0	5,8–6,3	6,3–7,0
Прыжки в длину со среднего разбега, раз	250–300	200–250	150–180
Силовая работа для развития взрывной силы, т	40–60	50–70	70–90
Силовая работа для развития максимальной силы, т	20–30	30–40	40–50
Горизонтальные прыжки, км	20–25	25–30	30–35
Вертикальные прыжки, в том числе с запрыгиванием на возвышение высотой 30–50 см, раз	2500–2700	2700–3000	3000–3300
Участие в соревнованиях, раз	7–9	9–12	12–15

Реализация данного подхода в тренировочном процессе спортсменов-легкоатлетов, обучающихся в ВГТУ, доказала свою эффективность успехами и достижениями на соревнованиях различного ранга, особенно в прыжках в длину, высоту и тройным прыжком. Студенты группы спортивного совершенствования постоянно входят в число победителей и призеров городских и областных межвузовских и других соревнований, а такие спортсмены-студенты, как Александр Верютин, Александр Плиско, Артем Наумович, Артем Чернышев, Ольга Иванова, Мария Шульгина (Нестерчук), Таисия Рослова, Мария Сивенко, становились неоднократными победителями и призерами республиканских и международных соревнований (Республиканская универсиада, Кубок Республики Беларусь, чемпионат Республики Беларусь, международные матчевые встречи, Всемирная универсиада). Ежегодно легкоатлетическая сборная университета вносит существенный вклад в победы на Республиканской универсиаде, в которой Витебский государственный технологический университет в третьей группе вузов республики (в них на дневной форме обучается от 2000 до 3000 студентов, а также находящихся в подчинении Министерства здравоохранения) в настоящее время занимает лидирующие позиции.

**Заключение.** Одним из эффективных подходов тренировки студентов-легкоатлетов, занимающихся в группах спортивного совершенствования, является осуществление учебно-тренировочного процесса на основе специально разработанных программ, помогающих прогнозировать и проектировать для каждого спортсмена необходимый комплекс тренировочных воздействий. В основе методики спортивной тренировки лежит рациональное использование средств общей физической подготовки (ОФП) и нетрадиционных физических упражнений, позволяющих приближать тренируемые показатели (двигательные способности) к модельным характеристикам, обеспечивающим достижение заданных спортивных результатов на уровне первого разряда и выше.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шур, М.М. Воспитание физических качеств у спортсменов / М.М. Шур, В.А. Креер. – Витебск–М., 1999. – 103 с.
2. Шур, М.М. Азбука тренировки прыгуна в высоту / М.М. Шур. – Витебск, 1998. – 147 с.
3. Мусатов, А.Г. Развитие физических качеств и этапы подготовки в годичном цикле у легкоатлетов: метод. указания / сост. А.Г. Мусатов. – Витебск: УО «ВГТУ», 2017. – 60 с.

### REFERENCES

1. Shur M.M., Kreyer V.A. *Vospitaniye fizicheskikh kachestv u sportsmenov* [Breeding Sportsmen's Physical Qualities], Vitebsk–Moscow, 1999, 103 p.
2. Shur M.M. *Azbuka trenirovki pryguna v vysotu* [ABC of High Jump Athlete], Vitebsk, 1998, 147 p.
3. Musatov A.G. *Razvitiye fizicheskikh kachestv i etapy podgotovki v godichnom tsikle u legkoatletov: metodicheskiye ukazaniya* [Development of Physical Qualities and Stages of Year-Round Cycle Training of Athletes: Guidelines], Vitebsk, UO «VGTU», 2017, 60 p.

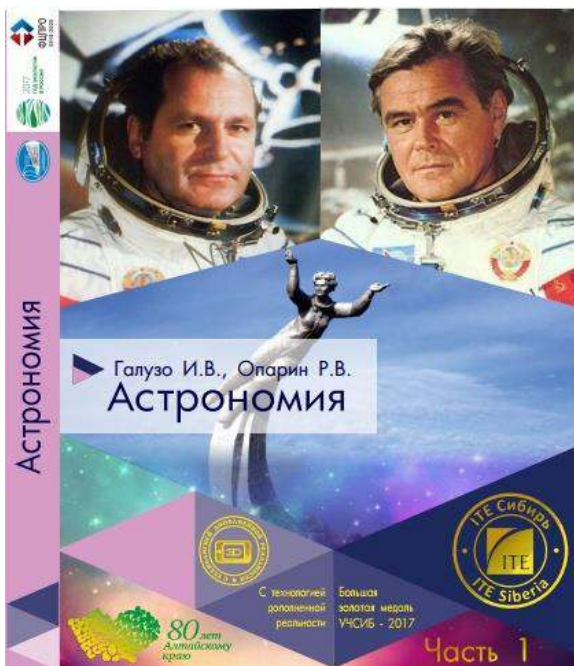
Поступила в редакцию 18.07.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: fizkult@vstu.by — Мусатов А.Г.



# БІБЛІАГРАФІЯ

**Галузо, И.В.** Астрономия: учеб. пособие. Ч.1 / *И.В. Галузо, Р.В. Опарин, Н.В. Диянов, Е.В. Владимирова, А.В. Владимиров, науч. ред. М.В. Костенко.* – Барнаул: АК ИПКРО, 2017. – 340 с. Тир. 300 экз.



Данное учебное издание соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту. Удостоено Большой золотой медали УчСиб-2017. За учебное пособие авторы признаны победителями краевого конкурса «Лучшая книга Алтая – 2017» в номинации «Лучший учебник Алтая». В учреждении образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова» оно отмечено в номинации «Лучший учебник (учебное пособие) года».

Учебное пособие содержит информационный материал по астрономии и дидактическое сопровождение для его освоения, имеет ряд педагогических инноваций. Во-первых, это астрономические эксперименты, позволяющие школьникам проверять опытным путем астрономические закономерности и процессы. Во-вторых, технология дополненной реальности: многие картинки в тексте способны «оживать», превращаясь в объемные изображения космических объектов, интерактивные схемы и видеофрагменты. Для этого до-

статочно установить на смартфон или планшет специальное приложение и навести его камеру на особые значки в тексте. В-третьих, региональный компонент, раскрывающий связь Алтайского края с освоением космоса. В-четвертых, в создании пособия принимали участие школьники: писали астрономические сказки, работали вместе с педагогами над созданием электронных приложений.

Предлагаемое учебное издание может использоваться не только для изучения астрономии в школе, но и для самообразования и чтения на досуге. На его страницах юный любитель астрономии не только почерпнет достоверную научную информацию по предмету, но и познакомится с интересными заданиями, веселыми ребусами и головоломками, увлекательными астрономическими опытами, поучительными притчами и сказками, краткими биографиями ученых и различными историческими сведениями из области астрономии.

Издание предназначено для работы на уроках и в процессе внеурочной деятельности в 7–8-х классах общеобразовательных организаций, а также в учреждениях дополнительного образования детей. Благодаря многоуровневой компоновке материала пособие может быть использовано в виде книги для чтения и рабочей тетради, в том числе и для изучения астрономии в 10–11-х классах.

---

---

## ПРАВИЛЫ ДЛЯ АЎТАРАЎ

1. «Вестнік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» публікуе вынікі навуковых даследаванняў, якія праводзяцца ў Віцебскім дзяржаўным універсітэце, навуковых установах і ВНУ рэспублікі, СНД і іншых краін. Асноўным крытэрыем мэтазгоднасці публікацыі з'яўляецца навізна і арыгінальнасць артыкула. Навуковы часопіс уключаны ў Пералік навуковых выданняў, рэкамендаваных ВАК Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйных даследаванняў па біялагічных, педагагічных, фізіка-матэматычных навуках. Па-за чаргой публікуюцца навуковыя артыкулы аспірантаў апошняга года навучання (уключаючы артыкулы, якія падрыхтаваны імі ў сааўтарстве) пры ўмове іх поўнай адпаведнасці патрабаванням, што прад'яўляюцца да навуковых публікацый выдання.

2. Патрабаванні да афармлення артыкула:

2.1. Рукапісы артыкулаў прадстаўляюцца на беларускай, рускай ці англійскай мове.

2.2. Кожны артыкул павінен утрымліваць наступныя элементы:

- індэкс УДК;
- назва артыкула;
- прозвішча і ініцыялы аўтара (аўтараў);
- арганізацыя, якую ён (яны) прадстаўляе;
- уводзіны;
- раздзел «Матэрыял і метады»;
- раздзел «Вынікі і іх абмеркаванне»;
- заключэнне;
- спіс выкарыстанай літаратуры.

2.3. Назва артыкула павінна адлюстроўваць яго змест, быць па магчымасці лаканічнай, утрымліваць ключавыя словы, што дазволіць індэксаваць артыкул.

2.4. Ва ўводзінах даецца кароткі агляд літаратуры па праблеме, указваюцца не вырашаныя раней пытанні, фармулюецца і абгрунтоўваецца мэта, падаюцца спасылкі на працы іншых аўтараў за апошнія гады, а таксама на замежныя публікацыі.

2.5. Раздзел «Матэрыял і метады» ўключае апісанне метадыкі, тэхнічных сродкаў, аб'ектаў і зместу даследаванняў, праведзеных аўтарам (аўтарамі).

2.6. У раздзеле «Вынікі і іх абмеркаванне» аўтар павінен зрабіць высновы з пункту гледжання іх навуковай навізны і супаставіць з адпаведнымі вядомымі дадзенымі. Гэты раздзел можа дзяліцца на падраздзелы з паясняльнымі падзагалюнкамі.

2.7. У заключэнні ў сціслым выглядзе павінны быць сфармуляваны атрыманыя вынікі, з указаннем на дасягненне пастаўленай мэты, навізну і магчымасці прымянення на практыцы.

2.8. Спіс літаратуры павінен уключаць не больш за 12 спасылак. Спасылкі нумаруюцца адпаведна з парадкам іх цытавання ў тэксце. Парадкавыя нумары спасылак пішуцца ў квадратных дужках па схеме: [1], [2]. Спіс літаратуры афармляецца ў адпаведнасці з патрабаваннямі ДАСТ – 7.1-2003. Спасылкі на неапублікаваныя працы, дысертацыі не дапускаюцца. Указваецца поўная назва аўтарскага пасведчання і дэпаніраванага рукапісу, а таксама арганізацыя, якая прад'явіла рукапіс да дэпаніравання.

2.9. Артыкулы падаюцца ў рэдакцыю аб'ёмам не менш за 0,35 аўтарскага аркуша 14000 друкаваных знакаў, з прабеламі паміж словамі, знакамі прыпынку, лічбамі і інш.), надрукаваных праз адзін інтэрвал, шрыфт Times New Roman памерам 11 пт. У гэты аб'ём уваходзяць тэкст, табліцы, спіс літаратуры. Колькасць малюнкаў не павінна перавышаць трох. Малюнкi і схемы павінны падавацца асобнымі файламі ў фармаце jpg. Фатаграфіі ў друк не прымаюцца. Артыкулы павінны быць падрыхтаваны ў рэдактары Word для Windows. Простыя формулы і літарныя абазначэнні велічынь трэба ўстаўляць, выкарыстоўваючы Symbol (напрыклад,  $\infty$ ,  $A_1$ ,  $\beta^k$ , °C). Складаныя формулы набіраюцца тым жа шрыфтам і памерам, што і асноўны тэкст, пры дапамозе рэдактара формул Equation.

2.10. У дадатак да папяровай версіі артыкула ў рэдакцыю здаецца электронная версія матэрыялаў. Электронная і папяровая версіі артыкула павінны быць ідэнтычнымі. Адрас электроннай пошты ўніверсітэта (наука@vsu.by).

3. Да артыкула дадаюцца наступныя матэрыялы (на асобных лістах):

- рэферат (100–250 слоў), які павінен дакладна перадаваць змест артыкула і быць прыдатным для апублікавання ў анатацыях да часопісаў асобна ад артыкула, і ключавыя словы на мове арыгінала. Ён павінен мець наступную структуру: уводзіны, мэту, матэрыял і метады, вынікі і іх абмеркаванне, заключэнне;
- назва артыкула, прозвішча, імя, імя па бацьку аўтара (поўнасю), месца яго працы, рэферат, ключавыя словы і спіс літаратуры на англійскай мове;
- нумар тэлефона, адрас электроннай пошты аўтара;
- рэкамендацыя кафедры (навуковай лабараторыі) да друку;
- экспертнае заключэнне аб магчымасці апублікавання матэрыялаў у друку;

4. Артыкулы, якія дасылаюцца ў рэдакцыю часопіса, падлягаюць абавязковай праверцы на арыгінальнасць і карэктнасць запазычанняў сістэмай «Антыплагіят.ВНУ». Для арыгінальных навуковых артыкулаў ступень арыгінальнасці павінна быць не менш за 85%, для аглядаў – не менш за 75%.

5. Па рашэнні рэдкалегіі артыкул накіроўваецца на рэцэнзію, затым візіруецца членам рэдкалегіі. Вяртанне артыкула аўтару на дапрацоўку не азначае, што ён прыняты да друку. Перапрацаваны варыянт артыкула зноў разглядаецца рэдкалегіяй. Датай паступлення лічыцца дзень атрымання рэдакцыйнай канчатковага варыянта артыкула.

6. Накіраванне ў рэдакцыю раней апублікаваных або прынятых да друку ў іншых выданнях работ не дапускаецца.

7. Адказнасць за прыведзеныя ў матэрыялах факты, змест і дакладнасць інфармацыі нясуць аўтары.

---

---

## GUIDELINES FOR AUTHORS

1. «Vesnik of Vitebsk State University» publishes results of scientific research conducted at Vitebsk State University as well as at scientific institutions and universities, CIS and other countries. The main criterion for the publication is novelty and specificity of the article. The scientific journal is included into the List of scientific publications recommended by Supreme Qualification Commission (VAK) of the Republic of Belarus for publishing the results of dissertation research in biological, pedagogical, physical and mathematical sciences. The priority for publication is given to scientific articles by postgraduates in their last year (including their articles written with co-authors) on condition these articles correspond the requirements for scientific articles of the journal.

2. Guidelines for the layout of a publication:

2.1. Articles are to be in Belarusian, Russian or English.

2.2. Each article is to include the following elements:

- UDK index;
- title of the article;
- name and initial of the author (authors);
- institution he (she) represents;
- introduction;
- «Material and methods» section;
- «Findings and their discussion» section;
- conclusion;
- list of applied literature.

2.3. *The title* of the article should reflect its contents, be laconic and contain key words which will make it possible to classify the article.

2.4. *The introduction* should contain a brief review of the literature on the problem. It should indicate not yet solved problems. It should formulate the aim; give references to the recent articles of other authors including foreign publications.

2.5. «*Material and methods*» section» includes the description of the method, technical aids, objects and contents of the author's (authors') research.

2.6. In «*Findings and their discussion*» section the author should draw conclusions from the point of view of their scientific novelty and compare them with the corresponding well-known data. This section can be divided into sub-sections with explanatory subtitles.

2.7. *The conclusion* should contain a brief review of the findings, indicating the achievement of this goal, their novelty and possibility of practical application.

2.8. The list of literature shouldn't include more than 12 references. The references are to be numerated in the order of their citation in the text. The order number of a reference is given in square brackets e.g. [1], [2]. The layout of the literature list layout is to correspond State Standard (GOST) – 7.1-2003. References to articles and theses which were not published earlier are not permitted. A complete name of the author's certificate and the deposited copy is indicated as well as the institution which presented the copy for depositing.

2.9. Two copies of articles of at least 0,35 of an author sheet size (14000 printing symbols with blanks, punctuation marks, numbers etc.), interval 1, Times New Roman 11 pt are sent to the editorial office. This size includes the text, charts and list of literature. Not more than three pictures are allowed. Pictures and schemes are to be presented in individual *jpg* files. Photos are not allowed. Articles should be typed in Word for Windows. Simple formulas and alphabetical symbols of dimensions should be put by using Symbol (e.g.  $\infty$ ,  $A_1$ ,  $\beta^k$ , °C). Complicated formulas are typed by the same point and size as the basic text with the help of formula's editor Equation.

2.10. The electronic version should be attached to the paper copy of the article submitted to the editorial board. The electronic and the paper copies of the article should be identical. The university e-mail address is nauka@vsu.by).

3. Following materials (on separate sheets) are attached to the article:

- summary (100–250 words), which should precisely present the contents of the article, should be liable for being published in magazine summaries separately from the article as well as the key words in the language of the original. The structure of the summary is the following: introduction, objective, material and methods, findings and their discussion, conclusion;
- title of the article, surname, first and second names of the author (without being shortened), place of work, summary, key words and the list of literature should be in English;
- author's telephone number, e-mail address;
- recommendation of the department (scientific laboratory) to publish the article;
- expert conclusion on the feasibility of the publication;

4. All articles submitted to the editorial office of the journal are subject to mandatory verification of originality and correctness of borrowings by the Antiplagiat.VUZ system. For original scientific articles the degree of originality should be at least 85%, for reviews - at least 75%.

5. On the decision of the editorial board the article is sent for a review, and then it is signed by the members of the editorial board. If the article is sent back to the author for improvement it doesn't mean that it has been accepted for publication. The improved variant of the article is reconsidered by the editorial board. The article is considered to be accepted on the day when the editorial office receives the final variant.

6. Earlier published articles as well as articles accepted for publication in other editions are not admitted.

7. The authors carry responsibility for the facts provided in the articles, the content and the accuracy of the information.

---

---

Выдавец і паліграфічнае выкананне – установа адукацыі  
«Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава».

Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі ў якасці выдаўца,  
вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў  
№ 1/255 ад 31.03.2014 г.

Надрукавана на рызографе ўстанова адукацыі  
«Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава».  
210038, г. Віцебск, Маскоўскі праспект, 33.

Пры перадрукаванні матэрыялаў спасылка  
на «Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта» з’яўляецца абавязковай.

---