

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ БОРТОВЫХ ТКАНЕЙ

PREDICTION OF ELASTIC PROPERTIES OF STIFFENING FABRICS

УДК 687.1.03.017

**Т.Л. Акиндинова*, В.В. Лапшин, Н.А. Смирнова,
В.В. Замышляева**

Костромской государственный университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13801>

**T. Akindinova*, V. Lapshin, N. Smirnova,
V. Zamyshlyeva**

Kostroma State University

РЕФЕРАТ

БОРТОВЫЕ ТКАНИ, УПРУГОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ, ЖЕСТКОСТЬ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

В статье приведены результаты исследований основных характеристик строения и свойств современных бортовых тканей. Представлены показатели поверхностной плотности тканей, толщины нитей обеих систем и количество нитей на 10 см по основе и утку. Разработана методика определения жесткости и упругости при изгибе с использованием автоматизированной измерительной системы. Составлены справочные сведения по жесткости и упругости в ортогональных направлениях. Разработана интеллектуальная система, построенная на базе искусственных нейронных сетей с использованием программы Neuro-Prognosis. Система позволяет прогнозировать показатели упругости современных бортовых тканей и формировать базу данных для цифровизации их конфекционирования. Достоинством системы является возможность добавления уточнения модели прогнозирования при обновлении ассортимента бортовых тканей. Использование системы удобно при отсутствии дорогостоящего испытательного оборудования.

ABSTRACT

STIFFENING FABRICS, BENDING ELASTICITY, HARDNESS, PREDICTION, NEURAL NETWORKS

The article presents the results of research on the main characteristics of the structure and properties of modern stiffening fabrics. The indicators of surface density of fabrics, thread thickness of both systems and the number of threads per 10 cm on the base and weft are presented. A technique has been developed for determining bending hardness and elasticity using an automated measuring system. Reference information on hardness and elasticity in orthogonal directions has been compiled. An intelligent system based on artificial neural networks using the "Neuro-Prognosis" program has been developed. The system allows to predict the elasticity indicators of modern onboard fabrics and create a database to digitalize their selection. The advantage of the system is the ability to add refinement of the forecasting model when updating the range of stiffening fabrics. Using the system is convenient in the absence of expensive test equipment.

Качество изделий костюмной группы в значительной степени зависит не только от жесткости, но и от упругих свойств бортовых тканей, используемых для изготовления бортовых прокладок, определяющих способность одежды сохра-

нять приданную форму. В современных условиях существует проблема прогнозирования качества швейных изделий по свойствам материалов, используемых для их изготовления. Актуальность исследований и разработки методов прогнози-

* E-mail: tat-akindinova25@yandex.ru (Т. Акиндинова)

рования свойств современных бортовых тканей обусловлена возросшими требованиями к качеству и повышению конкурентоспособности отечественных швейных изделий и обновлением современного ассортимента бортовых тканей, что и определило цель работы. Для реализации прогнозирования необходимы экспериментальные исследования свойств бортовых тканей.

Характеристики строения современных бортовых тканей (таблица 1) свидетельствуют о их разнообразии по волокнистому составу и от-

личии от классического ассортимента. Для выработки бортовых тканей используются трех-, четырех- и пятикомпонентные смеси, содержащие хлопок, лен, полиэфирные, вискозные волокна и животный волос. Имеют место синтетические бортовые ткани, например, артикул SD13.

В требованиях к классическим льняным бортовым тканям ГОСТ 4.4 регламентируется жесткость на изгиб. Поэтому была поставлена задача экспериментальных исследований жесткости и упругости современных бортовых тканей.

Таблица 1 – Характеристики строения бортовых тканей

Артикул	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Линейная плотность нитей, текс		Плотность ткани (число нитей на 10 см)	
			T _o	T _y	Π _o	Π _y
F9012N	хлопок – 33, ЖВ – 33, ПЭ – 34	185	40	90	160	140
CS906A	хлопок – 44, ПЭ – 31, ЖВ – 25	170	40	108	125	120
ВН911	хлопок – 42, ЖВ – 23, ПЭ – 23, Ввис – 12	190	34	80	255	130
CS900S	хлопок – 3, ЖВ – 33, ПЭ – 64	160	40	80	140	125
ВН231	хлопок – 27, ЖВ – 36, ПЭ – 10, Ввис – 27	196	20	100	255	150
215091	хлопок – 35, ЖВ – 20, ПЭ – 45	190	48	100	150	125
274473	ЖВ – 32, ПЭ – 68	185	56	104	125	115
215090	хлопок – 23, ЖВ – 33, ПЭ – 32, Ввис – 12	170	40	80	145	135
SD13	ПЭ – 100	170	32	86	165	150
СТ139	хлопок – 2, ЖВ – 24, ПЭ – 48, Ввис – 26	200	48	132	180	92
СТ400	ЖВ – 35, ПЭ – 65	192	32	80	165	150
DB9308	хлопок – 2, ЖВ – 24, ПЭ – 48, Ввис – 26	200	40	80	196	150
W0543c	хлопок – 13, ЖВ – 23, ПЭ – 46, Ввис – 18	205	34	130	240	100
СТ119	хлопок – 16, ЖВ – 24, ПЭ – 40, Ввис – 20	185	40	90	185	125
F313A	хлопок – 35, ПЭ – 33, ЖВ – 32	175	20	80	290	150
F8824	хлопок – 22, ПЭ – 12, ЖВ – 35, Ввис – 16, лен – 15	210	22	120	210	140
K911	хлопок – 42, ПЭ – 23, ЖВ – 23, Ввис – 12	190	40	80	230	125

Примечание: ЖВ – животный волос; ПЭ – полиэфирное волокно; Ввис – вискозное волокно.

Анализ существующих методов определения [1] и проведенных исследований характеристик изгиба обусловил целесообразность проведения исследований бортовых тканей с использованием разработанного метода [2] и автоматизированной системы [3].

Автоматизированная система характеризуется высоким техническим уровнем проведения испытаний, который соответствует современным тенденциям развития измерительной техники. Система включает устройство определения характеристик изгиба, где закрепленная в форме кольца проба изгибается под действием сосредоточенной нагрузки на треть ее высоты. Автоматизированная система дает возможность определения способности материала сопротивляться изгибающему воздействию и восстанавливать свою форму после освобождения от деформирующей нагрузки, имитируя условия реальной сложности этого явления при изготовлении и эксплуатации швейных изделий. Программное обеспечение системы позволяет количественно оценить характеристики жесткости и упругости.

Проведенные исследования позволили создать базу данных по основным характеристикам изгиба бортовых тканей (таблица 2), которая позволяет осуществлять рациональный выбор материалов и реализовать цифровизацию конфекционирования.

Существует градация бортовых тканей по группам жесткости ГОСТ 26484. Жесткость бортовых тканей, определяемая по методу кольца, должна соответствовать: для I группы 4,5–7 **сН**, для II группы 7,1–15 **сН**, для III группы 15,1–30 **сН**. Показатели условной упругости не нормируются, что обусловило необходимость исследований и жесткости, и упругости современных бортовых тканей.

Современный ассортимент бортовых тканей представлен всеми тремя группами жесткости для уточного направления (таблица 2). В направлении основы жесткость тканей существенно различается: ткань артикула К911 – I группы, большинство тканей – II группы. Жесткость синтетической ткани значительно превышает границу III группы жесткости (50 > 30 **сН**).

Таблица 2 – Характеристики изгиба бортовых тканей

Артикул ткани	Упругость при изгибе <i>У</i> , %		Жесткость при изгибе <i>Р</i> , сН	
	основа	уток	основа	уток
F9012	87,9	88,9	8,0	16,9
CS906A	83,7	91,6	13,0	11,8
BH911	83,7	96,8	7,8	14,1
CS9005	80,0	84,7	8,3	10,0
BH231	68,4	91,1	3,7	12,9
215091	71,1	98,9	10,7	19,0
274473	96,3	89,5	9,0	12,2
215090	75,3	88,9	11,8	11,9
SD13	89,5	94,7	50,0	51,1
CT139	85,8	92,6	8,4	13,8
CT400	96,8	93,2	14,5	15,0
DB9308	95,3	82,6	4,4	8,8
WO543c	58,4	90,0	2,4	5,9
CT119	93,7	85,8	12,4	6,4
F313A	85,8	92,6	8,8	10,5
F8824	59,4	91,0	4,2	10,8
K911	86,8	91,3	6,9	12,3

Экспериментальные результаты показали, что жесткость тканей по утку больше жесткости по основе, что можно объяснить большей толщиной уточных нитей и наличием в них животного волоса, поэтому основной слой бортовой прокладки целесообразно выкраивать по утку. Наличие в ассортименте тканей с низкими показателями жесткости по основе (менее 4,5 *сН*) свидетельствует о целесообразности экспериментальной оценки жесткости современных бортовых тканей при конфекционировании [4].

Исследуемые бортовые ткани обладают высокой упругостью, особенно по утку (таблица 2). Большинство тканей имеют упругость по утку порядка 90 %, что обуславливает целесообразность их выбора для изготовления бортовых прокладок. Высокая упругость бортовых тканей способствует сохранению формы одежды при эксплуатации.

Учитывая важность этого показателя для одежды, актуально изыскание метода прогнозирования упругости при конфекционировании. Для прогнозирования упругих свойств использована интеллектуальная система, созданная на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) [5]. Система

реализует функции обучения ИНС с учителем по алгоритму обратного распространения ошибки и обобщает экспериментальные результаты показателей упругости. При добавлении новых результатов уточняется модель прогнозирования. В процессе обучения происходит уменьшение средней относительной ошибки обучения, что характеризует приближение аппроксимирующей поверхности к экспериментальным данным.

Для прогнозирования упругих свойств бортовых тканей на основе ИНС по разработанной компьютерной программе [6] входными параметрами выбраны плотность $(\Pi_o + \Pi_y)/2$ и поверхностная плотность бортовых тканей ($M_s, \text{г/м}^2$) (рисунок 1).

По экспериментальным значениям ИНС аппроксимирует непрерывную поверхность зависимости упругости от входных параметров, которую можно принять за реальную в области рабочих значений: на рисунке 2 а – экспериментальная зависимость упругости по утку $Y_y (M_s, \Pi_{cp})$ и зависимость $Y_{nc} (M_s, \Pi_{cp})$, генерируемая ИНС, а на рисунке 2 б – экспериментальная зависимость упругости по основе $Y_o (M_s, \Pi_{cp})$ и зависимость $Y_{nc}^o (M_s, \Pi_{cp})$, генерируемая ИНС.

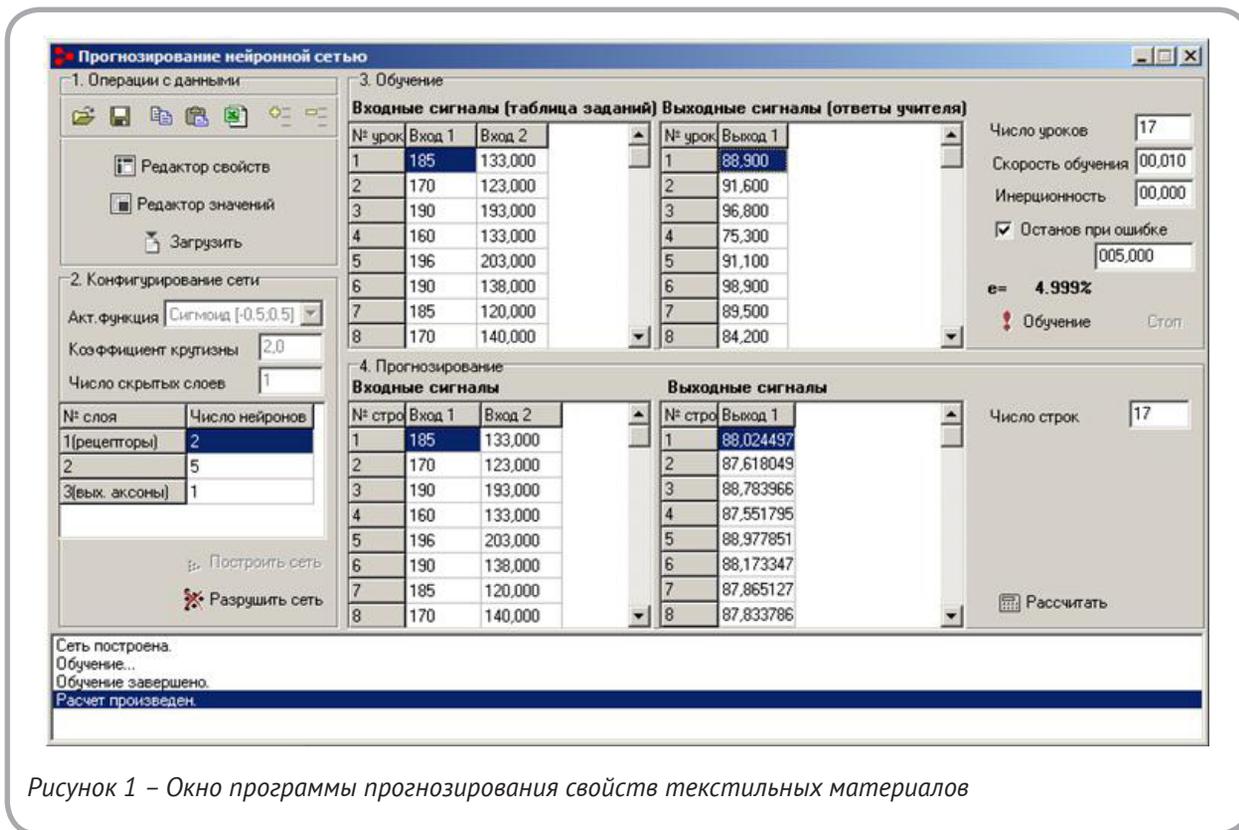
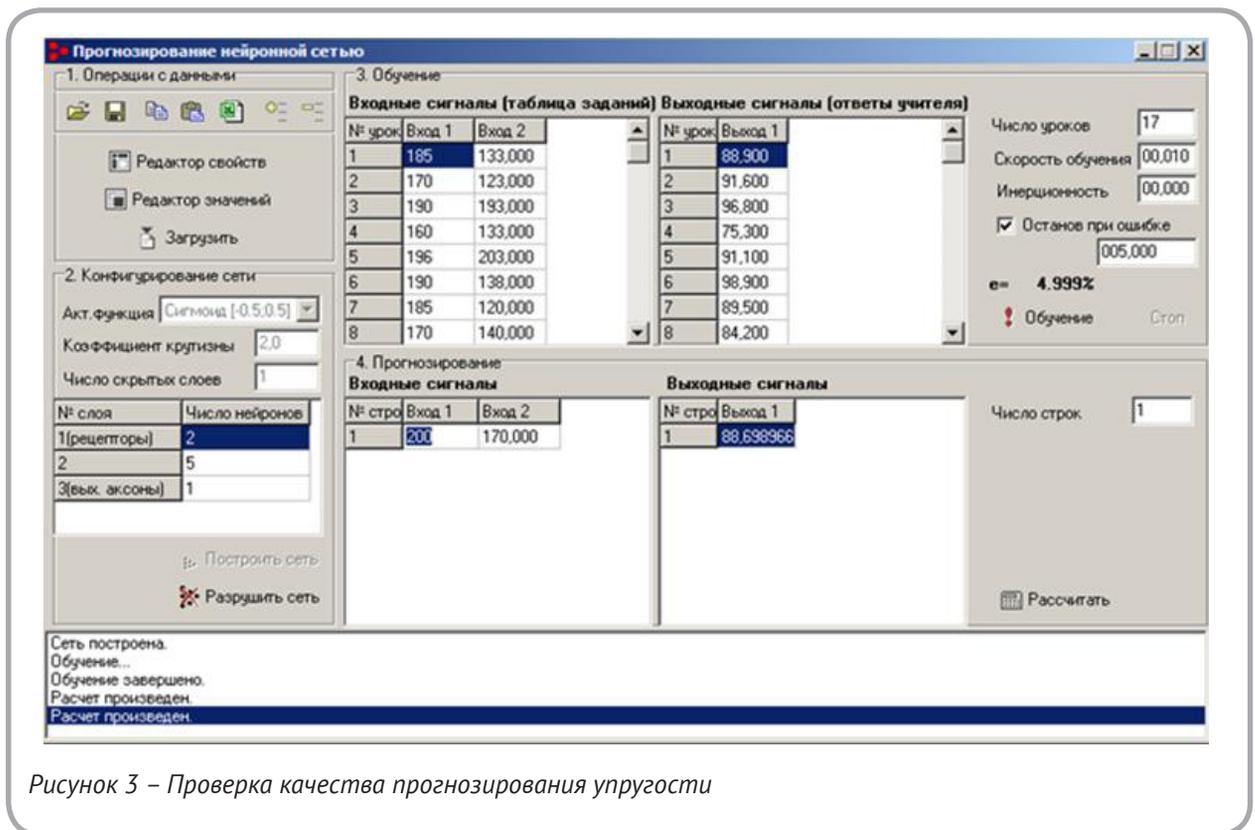
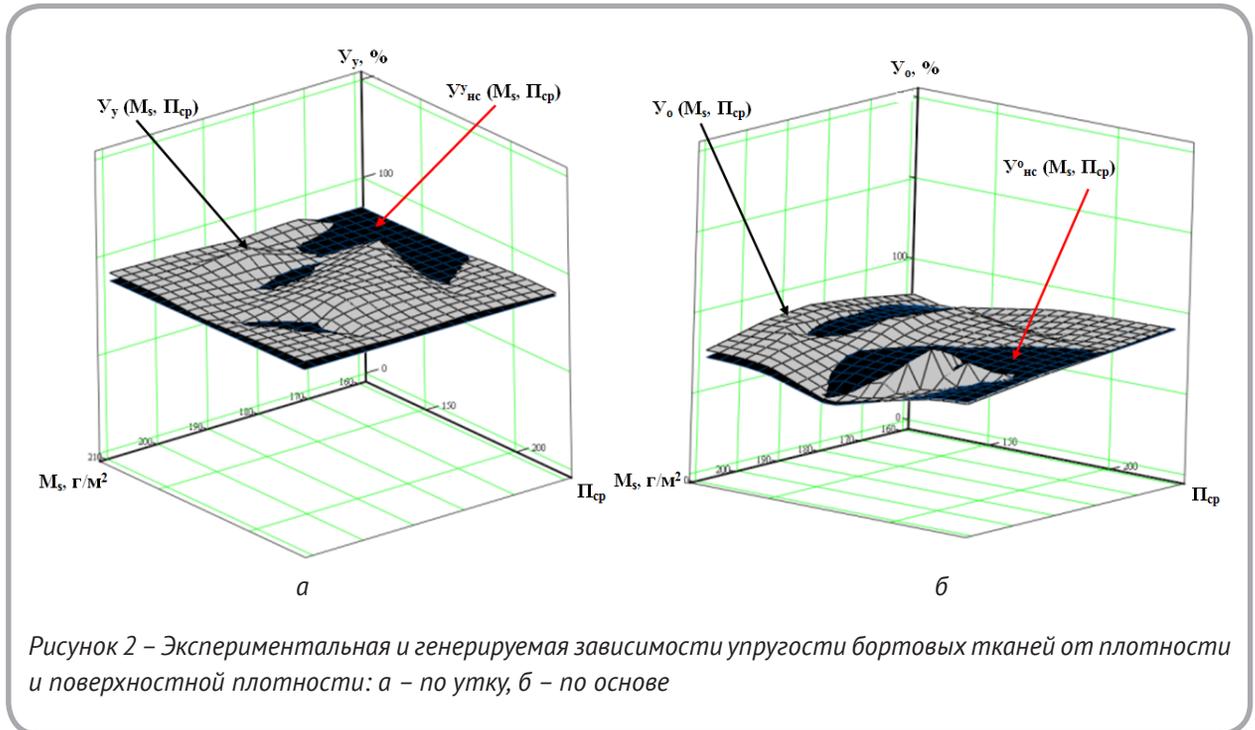


Рисунок 1 – Окно программы прогнозирования свойств текстильных материалов

Проверка качества прогнозирования упругости с использованием ИНС (рисунок 3) проводилась на бортовой ткани, не вошедшей в обучающую выборку. Ткань артикула W0543Hc имеет

поверхностную плотность 200 г/м^2 , плотность по основе – 95, по утку – 245, толщину основных нитей – 42 *текс*, уточных – 110 *текс*.



Проверка качества обучения и прогнозирования определялась ошибкой прогнозирования, которая не превышает 5 % (таблица 3). Выполненная проверка свидетельствует о высоком уровне прогнозирования.

Достоинством рассматриваемой системы является практически полное исключение человека из процессов организации структуры сети и обучения, что является ценным в создании самостоятельной подсистемы прогнозирования и учета свойств материалов в САПР одежды. Успешное решение задачи экспериментальной оценки упругих свойств бортовых тканей позволило реализовать способ их прогнозирования с использованием интеллектуальной системы, построенной на базе искусственных нейронных сетей.

ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования характеристик изгиба современных бортовых тканей по разработанной автоматизированной методике, обеспечивающей получение объективных характеристик свойств в условиях испытаний, приближенных к эксплуатации швейных изделий.

2. Представлены справочные сведения по жесткости и упругости бортовых тканей, практическая значимость которых определяется возможностью создания самостоятельной подсистемы учета свойств материалов в САПР одежды.

3. Предложено прогнозирование упругих свойств бортовых тканей современного ассортимента с использованием интеллектуальной системы, построенной на базе искусственных нейронных сетей, применяя разработанную компьютерную программу Neuro-Prognosis, позволяющее реализовать цифровизацию конфекционирования.

Таблица 3 – Проверка качества прогнозирования

Характеристики ткани артикула W0543Hc		Экспериментальная условная упругость, %	Прогнозируемая условная упругость, %	Ошибка прогнозирования, %
волокнистый состав, %	направление			
хлопок – 13 Ввис – 18 ПЭ – 42 ЖВ – 27	основа	81,6	78,1	4,3
	уток	88,4	88,7	0,34

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бузов, Б. А., Алыменкова, Н. Д. (2010), *Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство)*, Москва, 448 с.
2. Замышляева, В. В., Смирнова, Н. А., Лапшин, В. В., Козловский, Д. А., Хохлова, Е. Е., Костромской государственный технологический университет (2011), *Способ определения релаксационных свойств материалов при изгибе*, РФ,

REFERENCES

1. Buzov, B. A., Alymenkova, N. D. (2010), *Materialovedenie v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti (shvejnoe proizvodstvo)* [Material science in the manufacture of light industry products (clothing manufacture)], Moscow, 448 p.
2. Zamyshlyeva, V. V., Smirnova, N. A., Lapshin, V. V., Kozlovskiy, D. A., Khokhlova, E. E., Kostroma State Technological University (2011), *Sposob opredelenija relaksacionnyh svojstv materialov pri izgibe* [Method to Determine Relaxing Properties

Пат. 2422822.

3. Лапшин, В. В., Смирнова, Н. А. (2019), *Автоматизированный измерительный комплекс как реализация концепции цифровизации в легкой промышленности*, Кострома, Издательство Костромского государственного университета, 107 с.
4. Замышляева, В. В., Смирнова, Н. А. (2019), *Конфекционирование современных прокладочных материалов с химическими волокнами*, Кострома, Издательство Костромского государственного университета, 81 с.
5. Осовский, С. (2002), *Нейронные сети для обработки информации*, Москва, 344 с.
6. Лапшин, В. В., Козловский, Д. А., Ершов, В. Н., Смирнова, Н. А., Замышляева, В. В., Костромской государственный университет (2018), *Программа Neuro-Prognosis*, Россия, программа для ЭВМ 2018619528.

of Materials when Bent], RU Pat. 2422822.

3. Lapshin, V. V., Smirnova, N. A. (2019), *Avtomatizirovannyj izmeritel'nyj kompleks kak realizacija koncepcii cifrovizacii v legkoj promyshlennosti: monografija* [Automated Measuring Complex as an Implementation of the Digitalization Concept in Light Industry], Kostroma, Kostroma State University Publ., 107 p.
4. Zamyshlyeva, V. V., Smirnova, N. A. (2019), *Konfekcionirovanie sovremennyh prokladochnyh materialov s himicheskimi voloknami: uchebnoe posobie* [Selection of modern gasket materials with chemical fibers], Kostroma, Kostroma State University Publ., 81 p.
5. Osovsky, S. (2002), *Nejronnye seti dlja obrabotki informacii* [Neural Networks for Information Processing], Moscow, Finance and statistics Publ., 344 p.
6. Lapshin, V. V., Kozlovsky, D. A., Ershov, V. N., Smirnova, N. A., Zamyshlyeva, V. V., Kostroma State University (2018), *Programma Neuro-Prognosis* [Program Neuro-Prognosis], RU, computer program 2018619528.

Статья поступила в редакцию 17.03.2020 г.