

## Уважаемые читатели и авторы!

Представители Elsevier – одного из крупнейших мировых издательств научной литературы – в соответствии с Дорожной картой, подписанной 19 февраля 2019 года компанией Elsevier и ГИАЦ Минобразования, провели аудит журнала «Цифровая трансформация» с целью предварительной оценки готовности издания к подаче заявки для индексации в базе данных Scopus.

По итогам аудита специалисты Elsevier сформировали рекомендации по дальнейшему совершенствованию редакционной политики журнала, в соответствии с которыми были внесены определенные изменения в правила для авторов. В частности, повышены требования к научным источникам: в список литературы необходимо включать авторитетные научные публикации по теме исследования, а также статьи на иностранном языке. Введено ограничение на самоцитирование: ссылки на собственные работы авторов не должны превышать трети от общего числа публикаций в списке литературы. Уточнены требования к аннотациям.

Также редакция рекомендует авторам при подаче рукописи указывать свой ORCID ID – идентификатор, облегчающий полный учет публикаций и цитирований. Получить более подробную информацию об ORCID и пройти бесплатную регистрацию для получения ORCID ID можно на сайте [orcid.org](http://orcid.org). Новые правила вступают в силу начиная с № 2 за 2019 год.

Напоминаем, что редакция журнала всегда открыта для сотрудничества

и приглашает ученых, педагогов, аспирантов и практикующих специалистов принять участие в формировании содержания выпусков журнала. Плата за публикацию статей, равно как и за доступ к электронной версии журнала, не взимается.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 05.07.2018 № 168 журнал «Цифровая трансформация» включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (направление «информатика, вычислительная техника и управление») и экономическим наукам. Также журнал индексируется в базе Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

С электронной версией журнала, редакционной политикой и обновленными правилами для авторов можно ознакомиться на сайте [dt.giac.by](http://dt.giac.by). Рукопись научной статьи на рассмотрение к публикации можно подать с помощью специальной формы на сайте журнала или отправить на адрес электронной почты [journal@unibel.by](mailto:journal@unibel.by).

Читателей, которые предпочитают получать информацию на бумажных носителях, редакция приглашает оформить подписку на журнал «Цифровая трансформация» на квартал, полугодие или год. Подписные индексы: 75057 – для индивидуальных подписчиков, 750572 – для ведомственных.

*Редакция журнала «Цифровая трансформация»*

# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

научно-практический журнал

*Выходит ежеквартально*

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Главный редактор**

**В. А. Богуш,**

д. ф.-м. н., ректор БГУИР, Минск, Беларусь

**В. Г. Сафонов,**

д. ф.-м. н., проректор по научной работе, БГУ, Минск, Беларусь

**М. М. Ковалев,**

д. ф.-м. н., профессор кафедры аналитической экономики и эконометрики, БГУ, Минск, Беларусь

**Т. В. Борботько,**

д. т. н., заведующий кафедрой защиты информации, БГУИР, Минск, Беларусь

**А. Н. Курбацкий,**

д. т. н., заведующий кафедрой технологий программирования, БГУ, Минск, Беларусь

**С. Ф. Миксюк,**

д. э. н., профессор кафедры прикладной математики и экономической кибернетики, БГЭУ, Минск, Беларусь

**Г. О. Читая,**

д. э. н., заведующий кафедрой прикладной математики и экономической кибернетики, БГЭУ, Минск, Беларусь

**А. В. Бондарь,**

д. э. н., заведующий кафедрой экономической политики, БГЭУ, Минск, Беларусь

**Учредитель и издатель:** учреждение «Главный информационно-аналитический центр  
Министерства образования Республики Беларусь»

Издается с IV квартала 1995 г.

Ранее издание выходило под названием «Информатизация образования» (переименовано в 2017 г.).

Свидетельство о регистрации № 662 выдано 27.09.2017 г.

Министерством информации Республики Беларусь.

Все научные статьи проходят рецензирование.

**Приказом ВАК Республики Беларусь от 5 июля 2018 г. №168 журнал включен в Перечень научных изданий  
Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований.**

Издание входит в базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ).

**Подписные индексы:**

75057 — для индивидуальных подписчиков, 750572 — для ведомственных подписчиков.

Редакторы: О. В. Афанасенко, Д. П. Свяцкая, А. Б. Бельский.

Корректоры: Т. М. Шавердо, К. П. Атрашкевич.

Макет и верстка: Д. П. Свяцкая.

Адрес редакции: г. Минск, ул. Казинца 4. Тел. +375 (17) 294-15-94. E-mail: journal@unibel.by.

<http://dt.giac.by>

Подписано в печать 29.04.2019. Бумага мелованная. Печать офсетная.

Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 10,23. Тираж 150 экз. Заказ № 846.

Отпечатано в унитарном предприятии «Типография ФПБ», ЛП 02330/54 от 12.08.2013 г.,

г. Минск, пл. Свободы, 23-103.

© Цифровая трансформация, 2019



# DIGITAL TRANSFORMATION

## Scientific and Practical Journal

*Publication frequency — quarterly*

### EDITORIAL BOARD

#### **Editor-in-chief**

**V. A. Bogush,**

Doctor of Science (Physics and Mathematics), Rector of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

**V. G. Safonov,**

Doctor of Science (Physics and Mathematics), Vice-rector for Science, Belarusian State University, Minsk, Belarus

**M. M. Kovalev,**

Doctor of Science (Physics and Mathematics), Professor of the Department of Analytical Economics and Econometrics, Belarusian State University, Minsk, Belarus

**T. V. Borbotko,**

Doctor of Science (Technology), Head of the Department of Information Security, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

**A. N. Kurbackij,**

Doctor of Science (Technology), Head of the Department of Programming Technologies, Belarusian State University, Minsk, Belarus

**S. F. Miksyuk,**

Doctor of Science (Economics), Professor of the Department of Applied Mathematics and Economic Cybernetics, Belarusian State Economic University, Minsk, Belarus

**G. O. Chitaya,**

Doctor of Science (Economics), Head of the Department of Applied Mathematics and Economic Cybernetics, Belarusian State Economic University, Minsk, Belarus

**A. V. Bondar,**

Doctor of Science (Economics), Head of the Department of Economic Policy, Belarusian State Economic University, Minsk, Belarus

**Founder and publisher:** Establishment "The Main Information and Analytical Center of the Ministry of Education of the Republic of Belarus".

The journal has been published since fourth quarter of 1995.

The publication previously came out under the title "Informatization of Education" (renamed in 2017).

All scientific articles are peer reviewed.

**The journal is included in the List of Scientific Publications of the Republic of Belarus for publication of the results of dissertation research and in the database "Russian Index of Scientific Citation".**

Editors: O. V. Afanasenko, D. P. Svyatskaya, A. B. Belsky.

Correctors: T. M. Shaverdo, K. P. Atrashkevich.

Layout: D. P. Svyatskaya.

Address of editorial office: 4 Kazinca Str., 220099 Minsk, Republic of Belarus.

Phone: +375 (17) 294-15-94.

E-mail: [journal@unibel.by](mailto:journal@unibel.by).

<http://dt.giac.by>

© Digital Transformation, 2019



# СОДЕРЖАНИЕ

№ 1 (6), март, 2019

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- 5** Мониторинг информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь как инструмент реализации политики в области экспорта образовательных услуг

**Авторы:** А. Б. Бельский, А. В. Липович, А. П. Москаленко

- 21** Анализ мирового опыта цифровой трансформации промышленности: институциональная модель

**Автор:** И. А. Зубрицкая

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- 36** Опыт смешанного обучения основам цифровой электроники ГГУ им. Ф. Скорины

**Автор:** М. С. Долинский

- 43** Модель автоматической классификации и локализации образов

**Авторы:** Л. В. Серебряная, К. Ю. Бочкарев, А. Я. Попитич

- 49** Актуальные вопросы создания и применения банков ДНК для целей криминалистики и смежных дисциплин

**Авторы:** М. В. Спринджук, Л. П. Титов, А. П. Кончиц

- 60** Эксплуатация строительных объектов на основе информационной модели

**Авторы:** Е. В. Борсук, А. С. Давидович

- 66** Активная защита криптоконтейнера как элемент противодействия пассивному сбору персональных данных

**Автор:** В. А. Курбацкий

- 76** Алгоритм оптимизации выбора сжимаемых данных

**Авторы:** Е. В. Моженкова, Т. О. Титовец, А. И. Парамонов

- 81** Подготовка квалифицированных IT-специалистов в условиях цифровой трансформации образования

**Автор:** М. К. Буза

# CONTENTS

No 1 (6), March, 2019

## ECONOMIC SCIENCES

- 5** Monitoring of Educational Institutions Information Resources in the Republic of Belarus as a Tool for Implementing Policies in the Field of Export of Educational Services

**Authors:** A. B. Belsky, A. V. Lipovich, A. P. Moskalenko

- 21** Analysis of the World Experience of Digital Transformation of Industry: Institutional Model

**Author:** I. A. Zubritskaya

## TECHNICAL SCIENCES

- 36** Experience of Blended Learning in the Basics of Digital Electronics

**Author:** M. S. Dolinsky

- 43** Model of Automatic Classification and Localization of Images

**Authors:** L. V. Serebryanaya, K. Y. Bochkarev, A. Y. Popitich

- 49** Challenging Questions of Development and Application of DNA Banks for the Purposes of Criminology and Related Disciplines

**Authors:** M. V. Sprindzuk, L. P. Titov, A. P. Konchits

- 60** Operation of Building Objects Based on the Informational Model

**Authors:** E. V. Borsuk, A. S. Davidovich

- 66** Cryptocontainer's Active Protection as an Element of Countering the Passive Collection of Personal Data

**Author:** V. A. Kourbatski

- 76** Optimization Algorithm for Selecting Compressible Data

**Authors:** E. V. Mozhenkova, T. O. Titovets, A. I. Paramonov

- 81** Training of Qualified IT Specialists in the Conditions of Digital Transformation of Education

**Author:** M. K. Bouza

## Мониторинг информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь как инструмент реализации политики в области экспорта образовательных услуг

**А. Б. Бельский**, м. э. н., системный аналитик 2-й категории отдела реализации международных проектов

E-mail: [belsky@unibel.by](mailto:belsky@unibel.by)

ORCID ID: 0000-0003-2918-1290

Учреждение «Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь», ул. Казинца, д. 4, 220099, г. Минск, Республика Беларусь

**А. В. Липович**, заместитель начальника отдела реализации международных проектов

Учреждение «Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь», ул. Казинца, д. 4, 220099, г. Минск, Республика Беларусь

**А. П. Москаленко**, системный аналитик 2 категории отдела реализации международных проектов

Учреждение «Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь», ул. Казинца, д. 4, 220099, г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы проведения мониторинга официальных интернет-сайтов учреждений образования Республики Беларусь начиная с 2018 года с точки зрения его влияния на потенциал экспорта услуг в сфере образования. Особое внимание уделено состоянию и развитию информационных ресурсов учреждений высшего образования. Проанализированы нормативно-правовые акты, а также иные документы, формирующие нормативную основу мониторинга. Рассмотрена организация процессов мониторинга интернет-сайтов учреждений образования в ручном режиме, а также с использованием автоматизированной информационной системы аудита информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь, оценки их состояния и актуальности (АИС Мониторинг). Представлены критерии оценки интернет-сайтов, включенные в мониторинг, и осуществлено их сравнение при ручном и автоматизированном способе проведения. Произведен анализ результатов мониторинга официальных сайтов учреждений образования в 2018 году, в том числе осуществленного в рамках опытной эксплуатации АИС Мониторинг. Оценена корреляция роста числа иностранных студентов в учреждениях высшего образования и показателей мониторинга информационных ресурсов. Представлены результаты количественной оценки зависимости темпов роста числа иностранных студентов в белорусских университетах от уровня соответствия требованиям к информационному наполнению официальных сайтов в части перечня и стоимости оказываемых услуг в виде регрессионной модели. Сформированы рекомендации по дальнейшему развитию и совершенствованию процессов мониторинга информационных ресурсов.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация образования; мониторинг; информационные ресурсы; экспорт образовательных услуг; интернет-сайт; социальные сети; университет 3.0; предпринимательский университет; иностранные студенты; электронное правительство

**Для цитирования:** Бельский, А. Б. Мониторинг информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь как инструмент реализации политики в области экспорта образовательных услуг / А. Б. Бельский, А. В. Липович, А. П. Москаленко // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1 (6). – С. 5–20. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-5-20>



© Цифровая трансформация, 2019

## Monitoring of Educational Institutions Information Resources in the Republic of Belarus as a Tool for Implementing Policies in the Field of Export of Educational Services

**A. B. Belsky**, Master of Economics, System Analyst of the 2nd category of the Department of the International Projects Implementation

E-mail: belsky@unibel.by

ORCID ID: 0000-0003-2918-1290

Establishment "The Main Information and Analytical Center of the Ministry of Education of the Republic of Belarus", 4 Kazinca Str., 220099 Minsk, Republic of Belarus

**A. V. Lipovich**, Deputy Head of the Department of the International Projects Implementation

Establishment "The Main Information and Analytical Center of the Ministry of Education of the Republic of Belarus", 4 Kazinca Str., 220099 Minsk, Republic of Belarus

**A. P. Moskalenko**, System Analyst of the 2nd category of the Department of the International Projects Implementation

Establishment "The Main Information and Analytical Center of the Ministry of Education of the Republic of Belarus", 4 Kazinca Str., 220099 Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The article considers the issues of monitoring of the educational institutions official websites in the Republic of Belarus, beginning with the 2018 in terms of its influence on the potential of services export in education. Special attention is paid to a state and development of information resources of higher education institutions. Regulatory legal acts and other documents forming a normative basis of monitoring are analyzed. The organization of monitoring processes of the education institutions websites is considered in the manual regime as well as using the automated information system for auditing education institutions information resources in the Republic of Belarus, assessment of their state and relevance is also considered (AIS Monitoring). The criteria for evaluation of the websites included in monitoring are presented and their comparison at the manual and automated way of realization is carried out. The analysis of monitoring results of the education institutions official websites in 2018 including that realized within trial operation of AIS Monitoring is produced. The correlation between the growth in the number of foreign students in higher education institutions and indicators for monitoring of information resources is assessed. The results of a quantitative assessment of the dependence of the growth rate of the number of foreign students at Belarusian universities on the level of compliance with the requirements for the informational content of official sites in terms of the list and cost of services provided in the form of a regression model are presented. Recommendations for further development and improvement of monitoring processes of information resources are formed.

**Key words:** digital transformation of education; monitoring; information resources; export of educational services; website; social media; University 3.0; entrepreneurial university; foreign students; e-government

**For citation:** Belsky A. B., Lipovich A. V., Moskalenko A. P. Monitoring of educational institutions information resources in the Republic of Belarus as a tool for implementing policies in the field of export of educational services. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 1 (6), pp. 5–20 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-5-20>

© Digital Transformation, 2019

**Введение.** Одной из важнейших тенденций экономического развития в настоящее время является глобализация, затрагивающая практически все сферы жизни общества. Этот процесс оказывает значительное влияние и на сферу образования, в первую очередь высшего.

Так, д. э. н. А. В. Бондарь и соавторы [1, с. 118], анализируя основные тенденции в сфере образования Республики Беларусь как предпосылки для реализации концепции «Университет 3.0», среди важнейших из них выделяют интернационализацию высшего образования, выражающуюся в том числе во вхождении в Болонский процесс, а также в участии в таких программах, как Erasmus+.

Возрастает мобильность преподавателей и студентов, чему активно способствует цифро-

вая трансформация образования: развитие и всеместное распространение технологий дистанционного обучения, широкое использование возможностей коммуникации учреждений образования и потенциальных абитуриентов со всех стран мира посредством специализированных интернет-ресурсов и социальных сетей. В связи с этим развитие интернет-сайтов учреждений образования в цифровую эпоху приобретает решающее значение.

Цифровая трансформация образования является необходимым условием обеспечения высокого качества образовательного процесса, соответствующего потребностям современного общества: адаптации к стремительным изменениям производственных процессов и требова-

ний рынка труда, практической направленности обучения, гибкости образовательного процесса, позволяющего совмещение обучения на протяжении всей жизни (lifelong learning) и осуществления трудовой деятельности. Следовательно, цифровая трансформация образования должна рассматриваться как необратимый процесс и неотъемлемый элемент сегодняшней реальности, без которого невозможно сохранение конкурентоспособности национальной системы образования на мировом рынке.

В различных работах [2, с. 6; 3, с. 451] отмечается, что основные направления цифровой трансформации образования, включают, во-первых, изменение образовательных процессов, и, во-вторых, изменение процессов управления системой образования на основе использования современных информационных технологий. Официальные интернет-ресурсы учреждений образования и иных организаций системы образования являются крайне важным инструментом достижения обеих указанных целей.

Во-первых, они могут стать платформой для размещения образовательных ресурсов (например, в рамках т. н. «электронных библиотек»), а также площадкой для доступа к дистанционным обучающим курсам. Во-вторых, интернет-ресурсы учреждений образования, равно как и их официальные страницы в социальных сетях, позволяют более эффективно координировать образовательный процесс, оперативно и в удобном формате предоставляя обучающимся информацию о расписании занятий, проводимых мероприятиях и иную актуальную информацию. Кроме того, интернет-сайт учреждения образования является источником информации об его администрации, структурных подразделениях и времени их работы, контактных данных, а также о профессорско-преподавательском составе. Посредством специальных электронных форм на интернет-сайте и страниц в социальных сетях учреждения образования могут также непосредственно контактировать с обучающимися и абитуриентами.

Следует отметить, что к настоящему времени в учреждениях образования Беларуси имеются необходимые технические предпосылки для максимального увеличения роли информационных ресурсов. Так, уже в 2016 году среди обследованных Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь организаций, осуществлявших деятельность в сфере высшего образования, 98,3 % использовали сеть Интернет и имели собственный веб-сайт [4, с. 63], что позволило

отнести данную сферу к кластеру «цифровых лидеров», т. е. видов экономической деятельности, интенсивно использующих информационно-коммуникационные технологии и имеющих высокую степень готовности к цифровой трансформации экономики [5, с. 21].

Необходимость управления информационными ресурсами учреждений образования и обеспечения высокого качества его наполнения в условиях формирования информационного общества сегодня достаточно очевидна. Вместе с тем интернационализация как одна из важнейших тенденций в сфере образования требует обратить особое внимание на такой аспект управления информационным наполнением интернет-ресурсов учреждений образования, как продвижение образовательных услуг на мировом рынке.

В политике Министерства образования Республики Беларусь данному аспекту наиболее значительное внимание стало уделяться в 2018 году с принятием Концепции развития экспорта услуг (продвижение бренда «Образование в Беларуси») на 2018–2020 годы [6]. Отметим, что на 2018 год также приходится начало реализации на базе 7 белорусских учреждений высшего образования экспериментального проекта по внедрению модели «Университет 3.0», которая в западной литературе более известна под именем «предпринимательский университет» [1, с. 110; 7, с. 15].

Так как управление информационными ресурсами учреждений образования невозможно без хорошо налаженной обратной связи, одним из мероприятий, предусмотренных Концепцией развития экспорта услуг, является проведение ежеквартального мониторинга качества размещения и обновления информации о товарах и услугах на интернет-сайтах учреждений образования и организаций Министерства образования.

Целью данной статьи является анализ процессов мониторинга информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь и его результатов, выявление закономерностей развития указанных информационных ресурсов, а также разработка рекомендаций по их дальнейшему совершенствованию, направленному на стимулирование экспорта образовательных услуг.

**Основная часть. Нормативно-правовые основы мониторинга информационных ресурсов учреждений образования.** Как было сказано выше, проведение мониторинга информацион-

ных ресурсов учреждений образования предусматривается Концепцией развития экспорта услуг, утвержденной приказом Министра образования Республики Беларусь от 20 февраля 2018 г. № 130. В соответствии с планом мероприятий по реализации данной Концепции мониторинг качества размещения и обновления информации о товарах и услугах на интернет-сайтах учреждений образования и организаций Министерства образования должен осуществляться ежеквартально до 10 числа месяца, следующего за отчетным кварталом. Обязанность проведения мониторинга информационных ресурсов учреждений образования была возложена на учреждение «Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь» (ГИАЦ Минобразования), контроль и координация – на управление международного сотрудничества Министерства образования [6].

Этим же планом мероприятий предусматривалось, что ГИАЦ Минобразования должен разработать инструктивно-методическое письмо Министерства образования Республики Беларусь (направлено учреждениям образования 9 июля 2018 года под № 08-23/1434) «Об использовании современных информационных технологий по продвижению экспортного потенциала учреждений высшего, среднего специального и профессионально-технического образования».

Данный документ определял требования к информационному наполнению официальных интернет-сайтов учреждений образования Республики Беларусь, а также ряд положений, направленных на активизацию работы этих учреждений в социальных сетях. В частности, для учреждений профессионально-технического, среднего специального и высшего образования была установлена обязательность наличия и поддержки официальных аккаунтов в Facebook. Кроме того, им было рекомендовано иметь и поддерживать страницы в таких соцсетях, как Twitter, Instagram, LinkedIn, Google+<sup>1</sup> и ВКонтакте.

Что касается требований к информационному наполнению официальных сайтов, то следует отметить, что они преимущественно основываются на положениях нормативных правовых актов, регулирующих содержание сайтов государственных органов и организаций, а именно:

---

1 Отметим, что в августе 2019 года планируется закрытие Google+ для т. н. «стандартных пользователей», однако об этом было объявлено уже после выхода рассматриваемого инструктивно-методического письма.

– Указ Президента Республики Беларусь от 1 февраля 2010 г. №60 «О мерах по совершенствованию использования национального сегмента сети Интернет»;

– Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29 апреля 2010 г. № 645 «О некоторых вопросах интернет-сайтов государственных органов и организаций и признании утратившим силу постановления Совета Министров Республики Беларусь от 11 февраля 2006 г. № 192»;

– Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 2105-2012 «Интернет-сайты государственных органов и организаций».

Эти документы устанавливают требования к актуальности, оперативности, достоверности, целостности, доступности (в том числе для инвалидов по зрению) информации на сайтах государственных органов и организаций; к языкам, на которых она должна быть представлена; к структуре официального интернет-сайта. Постановление Совета Министров № 645 также содержит указание на то, какая информация должна в обязательном порядке быть размещена на сайте госоргана или госорганизации.

Мониторинг информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь, проводимый в целях реализации Концепции развития экспорта услуг на основании инструктивно-методического письма «Об использовании современных информационных технологий по продвижению экспортного потенциала учреждений высшего, среднего специального и профессионально-технического образования», таким образом, призван определить степень соответствия официальных сайтов государственных учреждений образования требованиям нормативно-правовых актов, а также установить степень использования этими учреждениями информационных технологий для взаимодействия с потенциальными абитуриентами, в том числе и иностранными.

**Первый опыт проведения мониторинга.** Упомянувшимся ранее инструктивно-методическим письмом Министерства образования предусматривалось, что учреждения высшего образования должны направить в ГИАЦ Минобразования ссылки на специальный раздел интернет-сайта для иностранных граждан либо на специальный интернет-сайт для иностранных граждан в срок не позднее 15 сентября 2018 года. После получения этой информации специалистами ГИАЦ Минобразования был осуществлен первый мониторинг информационных ресурсов учреждений образования (по итогам 3 кварта-



Таблица 1. Критерии оценки наличия информации, анализируемые в ходе мониторинга информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь  
 Table 1. Criteria for assessing the availability of information analyzed during the monitoring of information resources of educational institutions in the Republic of Belarus

№ п/п	Критерии оценки полноты информации
1.	Общая информация на интернет-сайте:
1.1.	об учреждении
1.2.	о работе с обращениями граждан и юридических лиц
1.3.	об осуществлении административных процедур в отношении граждан, юридических лиц и индивидуальных предпринимателей
1.4.	об услугах (товарах, работах), оказываемых (производимых, выполняемых) организацией
1.5.	о новостях учреждения
1.6.	о формах обратной связи
2.	Информация в специальном разделе или на специальном сайте:
2.1.	справочная информация о Республике Беларусь
2.2.	информация, характеризующая деятельность учреждения образования
2.3.	информация о международном сотрудничестве
2.4.	информация о структурном подразделении, работающем с иностранными гражданами
2.5.	форма электронной обратной связи
2.6.	образовательные программы
2.7.	стоимость получения образования
2.8.	информация о работе информационно-консультационного пункта
3.	Языковая поддержка специального раздела (сайта) для иностранных граждан учреждения образования
4.	Ссылки на страницы в социальных сетях

ла 2018 года). В рамках данного мониторинга были проанализированы 37 официальных интернет-сайта учреждений высшего образования Беларуси. Он осуществлялся в ручном режиме, как и следующий мониторинг, проведенный по итогам 4 квартала. В ходе мониторинга была произведена оценка наличия на сайтах учреждений высшего образования информации по 16 содержательным критериям [8, с. 24].

Эти критерии представлены в таблице 1.

По каждому критерию дается бинарная оценка: отмечается соответствие либо несоответствие рассматриваемого сайта критерию, при этом промежуточные градации не предусмотрены.

Критерии из раздела 1 «Общая информация на интернет-сайте» отражают требования указанных ранее нормативно-правовых актов (Указ Президента № 60 и постановление Совмина № 645), в то время как критерии из раздела 2 «Информация в специальном разделе или на специальном сайте» предназначены для проверки выполнения учреждениями положений Концепции развития экспорта услуг и инструктивно-методического письма Минобразования, предусматривающего

создание и наполнение специального раздела интернет-сайта для иностранных граждан.

Поясним, что название подкритерия «информация о работе информационно-консультационного пункта» отсылает к одноименному разделу инструктивно-методического письма Министерства образования и подразумевает наличие гиперссылок либо баннеров со ссылкой на:

- страницу сайта Минобразования, содержащую информацию об адресе, времени работы и контактных данных информационно-консультационного центра по вопросам получения образования и пребывания в Республике Беларусь иностранных граждан на базе Центра международных связей Министерства образования Республики Беларусь;

- официальный сайт о высшем образовании в Республике Беларусь для иностранных граждан [studyinby.com](http://studyinby.com);

- портал информационной поддержки экспорта [Export.by](http://Export.by).

Более подробно портал [Export.by](http://Export.by) и его роль в информационном обеспечении экспорта образовательных услуг рассматриваются в работе [9].

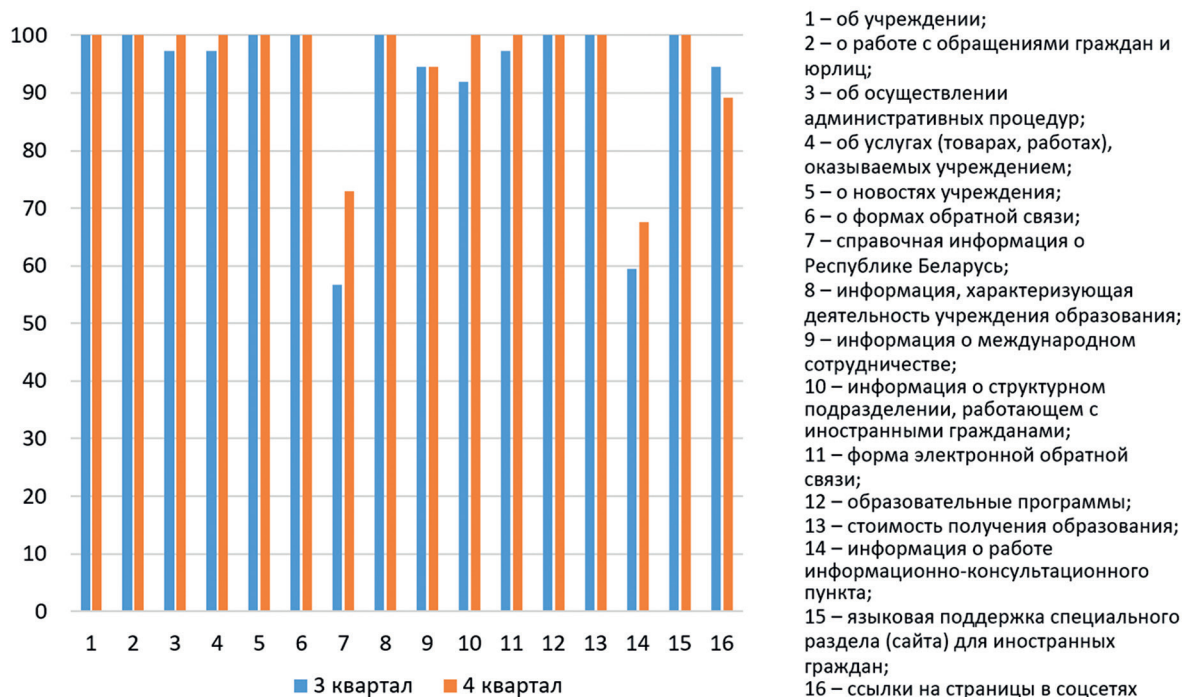


Рис. 1. Удельный вес информационных ресурсов учреждений высшего образования Республики Беларусь, содержащих информацию по указанным критериям в 2018 г., % от числа проанализированных учреждений образования [8, с. 25]

Fig. 1. The proportion of information resources of higher education institutions in the Republic of Belarus, containing information on the established criteria in 2018, % of the number of analyzed educational institutions

Соответствие официального интернет-сайта учреждения образования критерию наличия информации о работе информационно-консультационного пункта в ходе анализа признавалось при наличии хотя бы одной из указанных ссылок (баннеров). В отдельных случаях было выявлено отсутствие возможности перехода на целевой ресурс посредством баннера.

Диаграмма, представленная на рисунке 1, содержит результаты первых двух мониторингов интернет-сайтов учреждений высшего образования.

Анализ результатов мониторингов по итогам 3 и 4 кварталов 2018 года позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, в ходе мониторингов были выявлены основные проблемные направления размещения информации на сайтах учреждений образования. Так, на значительном количестве интернет-сайтов отсутствует информация о работе информационно-консультационного пункта Министерства образования Республики Беларусь (32,4 % в 4 квартале) и справочная информация о Республике Беларусь (27 %), а также ссылки на страницы учреждения в социальных сетях (10,8 %), что препятствует централизованному продвижению экспорта образовательных услуг и установлению контактов с потенциальными иностранными абитуриентами.

Во-вторых, проведение мониторинга информационных ресурсов учреждений образования в 3 квартале 2018 г. способствовало значительному повышению показателей качества информационного наполнения данных ресурсов в 4 квартале, особенно по критерию наличия сведений о структурном подразделении учреждения, работающем с иностранными гражданами. Определенное улучшение имеет место и в указанных наиболее проблемных областях: в 3 квартале 2018 г. сведения об информационно-консультационном пункте Минобразования отсутствовали на 40,5 % проанализированных интернет-сайтов, а справочная информация о Республике Беларусь – на 43,2 % сайтов.

Единственным критерием, по которому наблюдается снижение доли соответствующих ему интернет-сайтов, является наличие ссылок на официальные страницы учреждения в социальных сетях: в 3 квартале указанные ссылки были размещены на 95 % проанализированных сайтов, а в 4 квартале – на 89 % сайтов. Это связано с утратой работоспособности ссылок на страницы в Facebook на сайтах 2 учреждений высшего образования (т. е. с появлением «битых ссылок»).

Все проанализированные в рамках мониторинга по итогам 4 квартала 2018 года сайты содержали общую информацию об учреждении

в соответствии с требованиями. Кроме того, всеми обследованными учреждениями образования была обеспечена поддержка специального раздела для иностранных граждан на официальном интернет-сайте (либо отдельного сайта) на английском языке. Однако в отдельных случаях англоязычная версия данного раздела (сайта) содержала менее актуальную информацию, чем русскоязычная.

Информация о международных программах не была размещена на сайтах 2 учреждений образования, а ссылки на страницы в социальных сетях — на сайтах 4 учреждений.

Тем не менее, по 14 из 16 критериев более 90 % интернет-сайтов учреждений образования удовлетворяли установленным требованиям, из них по 12 критериям имел место полный (100 %) уровень соответствия (в предыдущем квартале — по 8 критериям).

Таким образом, по результатам мониторингов 3 и 4 кварталов 2018 года было установлено, что большинство официальных интернет-сайтов учреждений высшего образования соответствуют предъявляемым к ним требованиям по степени наполненности и способствуют повышению экспортного потенциала системы образования Республики Беларусь.

**Автоматизированная информационная система мониторинга.** Вместе с тем необходимо отметить, что результаты описанных выше мониторингов по ряду причин не могут служить полной и всесторонней оценкой использования учреждениями образования информационно-коммуникационных технологий для повышения своего экспортного потенциала.

Во-первых, мониторинги в 3 и 4 кварталах 2018 года осуществлялись в ручном режиме, что в значительной степени ограничило как состав критериев оценки информационного наполнения интернет-сайтов учреждений образования, так и перечень самих сайтов, подлежащих проверке. Во-вторых, ручное осуществление мониторинга делает неизбежным появление ошибок, вызванных человеческим фактором, при этом вероятность возникновения таких ошибок может рассматриваться как повышенная в связи с тем, что данная работа выполняется 1–2 специалистами, на которых помимо этой задачи возлагается и множество других, в относительно короткий срок.

Отметим, что понимание невозможности проведения углубленного анализа структуры и содержания информационных ресурсов большого числа учреждений образования и иных

организаций в ручном режиме (так, в 2018 году в Беларуси действовали 3803 учреждения дошкольного, 3035 — общего среднего, 226 — среднего специального, 180 — профессионально-технического и 51 — высшего образования [10]) у Министерства образования Республики Беларусь присутствовало изначально. В связи с этим в течение 2018 года ГИАЦ Минобразования в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Обоснование, разработка и апробация автоматизированной информационной системы аудита информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь, оценки их состояния и актуальности» [11] создавалась АИС Мониторинг — автоматизированная информационная система, которая, как видно из ее названия и наименования НИР, предназначена для совершенствования процессов проведения мониторинга официальных интернет-сайтов учреждений и иных организаций системы образования. В качестве заказчика НИР выступило Министерство образования Республики Беларусь.

Цели и функции АИС Мониторинг позволяют рассматривать ее как часть системы управления в сфере образования Республики Беларусь и технологий электронного правительства в целом.

Аудит информационных ресурсов с использованием АИС Мониторинг, в отличие от описанной выше процедуры «ручного» мониторинга, предусматривает проведение анализа учреждений не только высшего, но и остальных уровней образования: среднего специального, профессионально-технического, общего среднего, дошкольного; управлений и отделов образования районных и областных исполнительных комитетов, а также иных организаций, подведомственных Министерству образования.

Так как всесторонняя оценка информационного наполнения интернет-сайтов, различающихся по своей структуре и содержанию, его глубины и качества, исключительно в автоматическом режиме в настоящее время не представляется возможной, для проведения мониторинга необходимо осуществление экспертных оценок. В связи с этим АИС Мониторинг разработан не в качестве инструмента замещения ручного труда, а как электронная площадка для координации усилий различных специалистов в системе образования по всей территории страны.

Процедура мониторинга информационных ресурсов учреждений образования предусма-

тривает их оценку по 10 критериям технического и 113 критериям экспертного рейтинга, при этом оценка критериев технического рейтинга осуществляется АИС Мониторинг в полностью автоматическом режиме.

К критериям технического рейтинга относятся:

- доступность сайта;
- код ответа HTTP;
- использование HTTPS;
- время отклика;
- время полной загрузки сайта;
- наличие подписей картинок;
- наличие заголовка;
- наличие файла `robot.txt`<sup>2</sup>;
- максимальный уровень вложенности;
- количество «битых» ссылок.

Так, например, проверка доступности и времени отклика интернет-сайта осуществляется путем автоматической отправки запроса и расчета времени отклика веб-сервера интернет-сайта. Автоматическая отправка запроса реализована в макете программного обеспечения системы в виде программного файла сценария, который формирует запрос, осуществляет его отправку и рассчитывает время отклика.

Непосредственное проведение оценки интернет-сайтов учреждений образования по критериям экспертного рейтинга осуществляется назначенными для этих целей специалистами — экспертами. Все сайты учреждений образования, подлежащие проверке в ходе мониторинга, распределяются между экспертами по территориальным уровням. Специалисты ГИАЦ Минобразования осуществляют проверку интернет-сайтов учреждений республиканского подчинения и областных управлений образования. Управления образования проверяют учреждения образования областного подчинения и отдел образования райисполкома, который в свою очередь проверяет учреждения образования районного подчинения.

Отметим, что все критерии экспертного рейтинга разделяются на следующие группы:

- требования к размещению информации (актуальность, оперативность размещения, мультязычность и др.);
- структура (оптимальное размещение различных видов информации, простота навигации и доступа);
- поиск (наличие формы поиска, сортировка его результатов и т. д.);

<sup>2</sup> Этот файл необходим для корректной обработки сайта поисковыми системами

– информация об учреждении (реквизиты, режим работы, задачи и функции структурных подразделений, контактные данные и т. д.);

– обращения (порядок и время личного приема должностными лицами учреждения, направление на адрес электронной почты);

– контактная информация (номера телефонов «горячих линий», справочных служб);

– административные процедуры (перечень, порядок и сроки осуществления);

– информация о товарах (работах, услугах), производимых (выполняемых, оказываемых) учреждением (перечень, цены);

– электронные обращения (наличие отдельной рубрики, возможность прикрепления документов, порядок подачи и рассмотрения);

– навигация (наличие навигационных ссылок в верхней части страницы, доступность информации не более чем в 5 кликов);

– дизайн (единство дизайна, наличие мобильной версии, выделение гиперссылок, возможность печати страниц).

Как и при мониторинге в ручном режиме, соответствие сайта экспертным критериям оценивается по бинарной шкале.

После оценки экспертами интернет-сайтов результаты мониторинга направляются в Министерство образования, а также кураторам — лицам, назначенным учреждениями образования, а также местными исполнительными и распорядительными органами в сфере образования, в качестве ответственных за выполнение конкретным интернет-сайтом установленных требований. При этом кураторам необходимо обеспечить устранение выявленных в ходе мониторинга нарушений в течение 3 месяцев, т. е. до проведения следующего мониторинга.

Одной из составляющих мониторинга информационных ресурсов учреждений образования является централизованный сбор пользовательских отзывов об интернет-сайтах посредством специальной формы на главной странице сайта АИС Мониторинг [12].

Следует отметить, что анализ большого числа интернет-сайтов учреждений образования и иных организаций системы образования позволяет расширить значение проводимого с использованием автоматизированной системы мониторинга информационных ресурсов далеко за рамки целей реализации Концепции развития экспорта услуг (привлечение иностранных абитуриентов является актуальной задачей только для учреждений высшего и, в меньшей степени, сред-

него специального и профессионально-технического образования). Обеспечение высокого качества информационного наполнения способствует более эффективному взаимодействию всех сторон образовательного процесса, более подробно рассмотренному во введении к настоящей статье.

Заметим, что перечень экспертных критериев, проверка по которым в настоящее время реализована в АИС Мониторинг, содержит только характеристики непосредственно официальных интернет-сайтов, при этом не затрагиваются вопросы ведения учреждениями образования страниц в социальных сетях, в том числе и наличие на сайте ссылок на данные страницы, которое анализировалось при проведении мониторинга в ручном режиме. Это следует рассматривать как существенное упущение: данные социологических исследований Информационно-аналитического центра при Администрации Президента Республики Беларусь свидетельствуют, что в 2018 году основным источником

новостной информации для интернет-пользователей являлись именно социальные сети. Ими чаще всего по сравнению с остальными источниками пользовались 39,9 % опрошенных (при этом среди молодежи – 51,4 %), в то время как официальными сайтами организаций, государственных структур и учреждений — только 11,4 % [13, с. 14–15].

Опытная эксплуатация АИС Мониторинг была завершена в 4 квартале 2018 года, и в настоящее время система находится на стадии внедрения.

**Анализ результатов опытной эксплуатации АИС Мониторинг.** В ходе опытной эксплуатации системы были проанализированы 3435 официальных интернет-сайтов учреждений образования и иных организаций, подчиненных Министерству образования, что составляет 58,3 % от общего числа сайтов, подлежащих мониторингу.

На рисунке 2 представлены сводные результаты оценки соответствия проанализированных

### Процент несоответствия Интернет-сайтов требованиям нормативно-правовых актов: Все сайты

Всего интернет-сайтов	из них проверено	из них:				число непроверенных сайтов	% от общего количества
		<=20% ошибок	% от общего количества	20% - 70% ошибок	% от общего количества		
5894	3435	1506	25,55 %	1742	29,56 %	2459	41,72 %

■ <=20% ошибок   
 ■ 20% - 70% ошибок   
 ■ >=70% ошибок

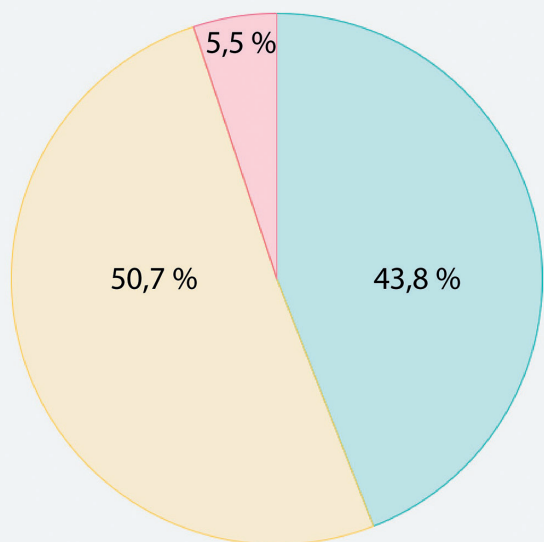


Рис. 2. Сводные результаты мониторинга информационных ресурсов в сфере образования в 4 квартале 2018 года

Примечание. Источник: АИС Мониторинг

Fig. 2. Summary results of the monitoring of information resources in the education sector in the 4th quarter of 2018

Note. Source: AIS Monitoring

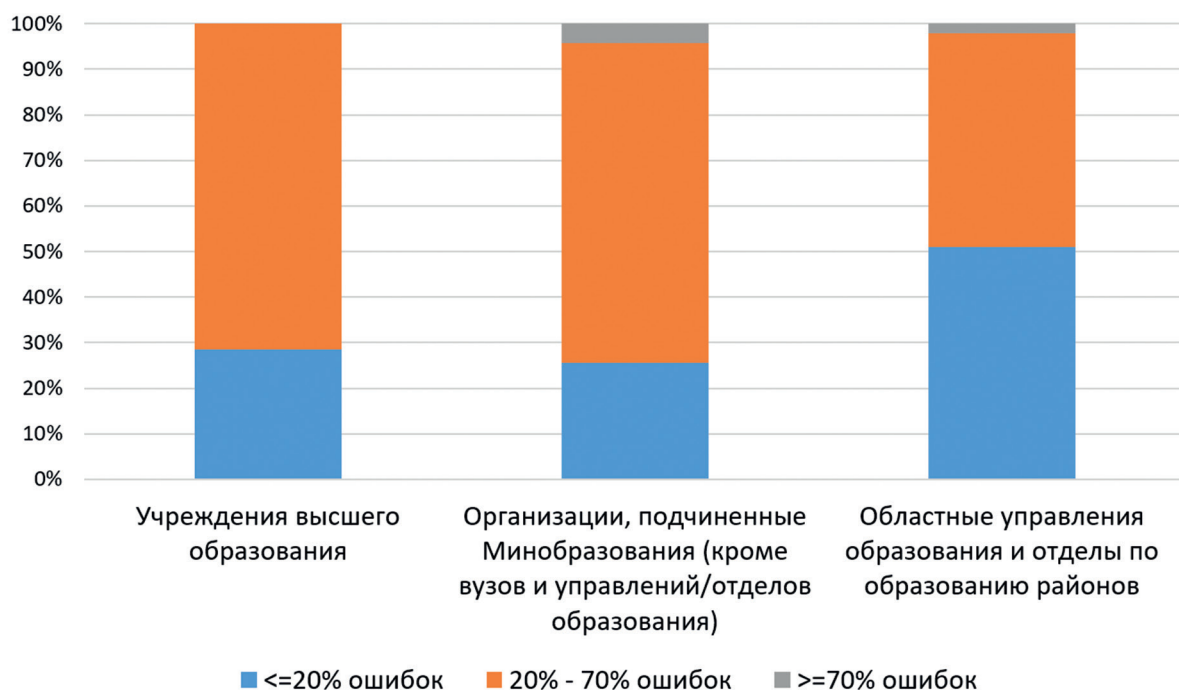


Рис. 3. Сводные результаты мониторинга информационных ресурсов в сфере образования в 4 квартале 2018 года в разрезе типов учреждений и организаций

Примечание. Источник: собственная разработка на основе данных АИС Мониторинг

Fig. 3. Summary results of the monitoring of information resources in the education sector in the 4th quarter of 2018 in the context of institutions and organizations types

Note. Source: own development based on the data of AIS Monitoring

интернет-сайтов всех типов учреждений экспертным критериям мониторинга, осуществленной в рамках опытной эксплуатации.

Отметим, что отбор учреждений образования, интернет-сайты которых были проверены в ходе опытной эксплуатации АИС Мониторинг, происходил не случайным образом: была осуществлена проверка сайтов тех учреждений, которые предоставили необходимую информацию в ответ на соответствующий запрос ГИАЦ Минобразования.

Из диаграммы на рисунке 2 видно, что из проверенных сайтов учреждений образования и иных организаций чуть больше половины (50,7 %) имели достаточно значительный процент ошибок<sup>3</sup> (от 20 до 70 %). Несколько меньшей (43,8 %) является доля интернет-сайтов, соответствующих большинству включенных в мониторинг критериев (менее 20 % ошибок). При этом более 5 % проанализированных интернет-сайтов в целом не соответствуют установленным критериям (которые являются от-

ражениями требований законодательства), так как содержат более 70 % ошибок.

Анализ общих результатов мониторинга посредством автоматизированной системы позволяет сделать следующий вывод: более половины официальных интернет-сайтов организаций в сфере образования Беларуси имеют существенные отклонения от требований нормативно-правовых актов.

В то же время очевидно, что система образования не является однородным объектом. Цели использования интернет-сайтов, их содержание, наличие ресурсов для оперативного размещения и актуализации информации в значительной степени различаются в учреждениях образования разных типов.

На рисунке 3 представлены результаты мониторинга в разрезе типов учреждений образования и иных организаций.

АИС Мониторинг позволяет проанализировать результаты в разрезе следующих типов учреждений и организаций системы образования:

– учреждения высшего образования (отметим, что в рамках опытной эксплуатации был проведен мониторинг интернет-сайтов только 21 учреждения высшего образования, подчиненного Министерству образования);

<sup>3</sup> Под ошибками в контексте анализа результатов мониторинга в настоящей статье понимаются выявленные несоответствия интернет-сайта установленным критериям. Таким образом, процент ошибок, равный 20, означает, что интернет-сайт не соответствует 20 % анализируемых критериев.

– областные управления образования и отделы по образованию районных исполнительных комитетов;

– другие организации, подчиненные Министерству образования.

Так как все проанализированные сайты были автоматически распределены системой по группам «менее 20 % ошибок», «20 % – 70 % ошибок», «более 70 % ошибок», обобщенная оценка различий интернет-сайтов по типам учреждений и организаций системы образования может быть получена в результате расчета среднего процента ошибок для каждого типа по формуле средней арифметической взвешенной для ряда распределения с неравными интервалами (в качестве веса использовалась плотность распределения). По данному критерию наибольшее соответствие сайтов установленным критериям в целом имеет место у областных и районных управлений (отделов) образования (средний процент ошибок для указанной категории составляет 20,7). Эта же категория организаций, как видно из диаграммы на рисунке 3, характеризуется наибольшей долей интернет-сайтов, имеющих менее 20 % ошибок.

Сравнительно высокие результаты мониторинга для интернет-сайтов управлений образования могут быть связаны с тем, что критерии, как уже было сказано выше, отражают требования нормативно-правовых актов, регулирующих вопросы ведения сайтов государственных органов и организаций, а управления образования являются структурными подразделениями органов государственного управления — областных и районных исполнительных комитетов. В связи с этим данными органами уделяется более значительное внимание выполнению требований законодательства по сравнению с обычными учреждениями и организациями. Несмотря на это, почти половина (49 %) проанализированных интернет-сайтов управлений и отделов образования содержит большое число ошибок (> 20 %).

Сравнительно высокие результаты мониторинга для интернет-сайтов управлений образования могут быть связаны с тем, что критерии, как уже было сказано выше, отражают требования нормативно-правовых актов, регулирующих вопросы ведения сайтов государственных органов и организаций, а управления образования являются структурными подразделениями органов государственного управления — областных и районных исполнительных комитетов. В связи с этим данными органами уделяется более значительное внимание выполнению требований законодательства по сравнению с обычными

учреждениями и организациями. Несмотря на это, почти половина (49 %) проанализированных интернет-сайтов управлений и отделов образования содержит большое число ошибок (> 20 %).

Несколько больший средний процент ошибок наблюдается на интернет-сайтах учреждений высшего образования системы Министерства образования (27,5 %). Лишь 6 сайтов из проанализированных 21 характеризуются небольшим числом ошибок (менее 20 %). В то же время среди интернет-сайтов учреждений высшего образования, как видно из диаграммы на рисунке 3, отсутствуют сайты с более чем 70 % ошибок.

Сравнение результатов автоматизированного и ручного мониторинга интернет-сайтов учреждений высшего образования позволяет сделать вывод, что более глубокий анализ по значительному числу критериев позволяет гораздо эффективнее выявить проблемные области развития информационных ресурсов.

Наибольший средний процент ошибок (31,2 %) был выявлен на официальных сайтах иных организаций, подчиненных Министерству образования.

С точки зрения развития экспорта образовательных услуг интернет-сайты учреждений высшего образования представляют наибольший интерес, поэтому результаты мониторинга данной категории информационных ресурсов целесообразно рассмотреть более подробно.

На рисунке 4 представлен средний процент соответствия учреждений высшего образования, подчиненных Министерству образования Республики Беларусь по описанным выше группам критериев экспертного рейтинга.

Данный показатель рассчитывался в 2 этапа. На первой стадии для каждого учреждения был установлен процент соответствия по каждой группе критериев экспертного рейтинга как частное от деления числа критериев в группе, которым соответствует сайт учреждения, на число всех критериев в данной группе. На втором этапе по формуле средней арифметической простой для каждой группы критериев был найден средний процент соответствия (в качестве осредняемого признака выступили величины, рассчитанные на первом этапе).

Анализ результатов мониторинга информационных ресурсов учреждений высшего образования, осуществленного в рамках опытной эксплуатации АИС Мониторинг, позволяет в значительной степени расширить выводы, сделанные по итогам «ручного» мониторинга. Так, было

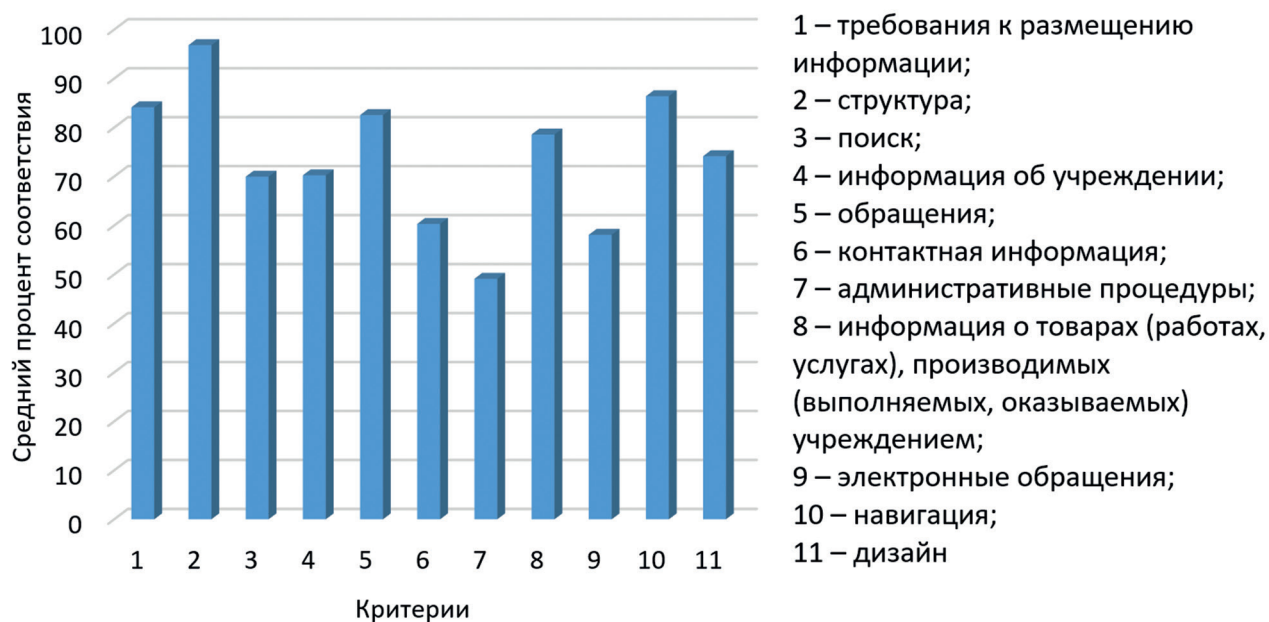


Рис. 4. Сводные результаты мониторинга информационных ресурсов в сфере образования в 4 квартале 2018 года в разрезе групп критериев экспертного рейтинга

Примечание. Источник: собственная разработка на основе данных АИС Мониторинг

Fig. 4. Summary results of the monitoring of information resources in the education sector in the 4th quarter of 2018 in the context of groups of the expert rating criteria

Note. Source: own development based on the data of AIS Monitoring

установлено, что наибольшие расхождения официальных сайтов учреждений высшего образования с требованиями имеют место в области размещения информации об административных процедурах (средний процент соответствия — 49,1 %), электронных обращениях (58,1 %), а также контактной информации (60,3 %). Несколько более высоким уровнем соответствия требованиям характеризуются обеспечение функционала поиска (70 %), размещение сведений об учреждении высшего образования и его работе (70,2 %), дизайн официального сайта (74,1 %), а также размещение информации о товарах, работах и услугах (78,6 %).

Наибольшая степень соответствия сайтов учреждений высшего образования системы Министерства образования Республики Беларусь установленным требованиям была выявлена в таких областях, как структура сайта (96,8 %), навигация (86,4 %), общие требования к размещению информации (актуальность, оперативность, мультязычность и др.; 84,1 %), обращения (82,5 %).

Оценка связи критериев мониторинга информационных ресурсов учреждений образования и показателей экспорта образовательных услуг. Как было отмечено выше, большое число критериев мониторинга позволяет получить достаточно качественную оценку развития официальных сайтов учреждений образования в со-

ответствии с требованиями законодательства. Вместе с тем далеко не все они имеют существенное значение для стимулирования экспорта образовательных услуг, в связи с чем для обеспечения принятия более грамотных и обоснованных управленческих решений в данной сфере необходимо предварительно выявить наиболее релевантные направления совершенствования информационных ресурсов.

Для этих целей могут быть использованы данные, полученные в результате мониторинга официальных сайтов учреждений высшего образования (как в ручном режиме, так и посредством АИС Мониторинг), а также широко применяемые в статистических и эконометрических исследованиях методы корреляционного и регрессионного анализа. Небольшой опыт проведения мониторинга не позволяет сформировать пригодные для эконометрического анализа динамические ряды, поэтому возникает необходимость использования данных по пространственной совокупности, а именно учреждениям высшего образования, подчиненным Министерству образования Республики Беларусь.

В качестве результативного признака могут быть использованы показатели экспорта образовательных услуг — удельный вес и динамика количества иностранных студентов в указанных



выше учреждениях образования, а в качестве факторных признаков — показатели соответствия официальных сайтов учреждений образования совокупности критериев мониторинга в целом, а также по отдельным группам критериев и отдельным критериям. Кроме того, может быть осуществлена перегруппировка критериев по методу главных компонент, что в теории позволит выявить скрытое влияние факторов на вариацию показателей экспорта образовательных услуг.

Вместе с тем по результатам корреляционного анализа не удалось выявить статистически значимую связь экспорта образовательных услуг со всеми показателями информационного наполнения интернет-сайтов (включая главные компоненты, а также отдельные критерии и группы критериев «ручного» и «автоматизированного» мониторинга), за исключением группы критериев, связанных с размещением информации о товарах, работах и услугах. Возможно, однако, что влияние остальных критериев наличия информации на сайте проявится спустя более длительное время. Коэффициент парной линейной корреляции между темпом роста числа иностранных студентов в учреждении высшего образования в 2018/2019 учебном году по сравнению с 2017/2018 учебным годом<sup>4</sup> и процентом соответствия сайта учреждения критериям группы «информация о товарах (работах, услугах), производимых (выполняемых, оказываемых) учреждением» составил 0,46.

С экономической точки зрения наличие статистически значимой прямой, пусть и сравнительно слабой связи легко объяснимо: подробные сведения об услугах (в первую очередь образовательных), оказываемых учреждением образования, на официальном сайте позволяют абитуриентам, в том числе и иностранным, лучше определиться с тем, в каком именно университете и на какой специальности они хотят обучаться. Кроме того, такая информация на официальном сайте демонстрирует потенциальным абитуриентам одни из наиболее важных преимуществ обучения в Беларуси — оптимальное соотношение цены и качества образования, а также большой выбор образовательных программ [14]. С позиции развития экспорта образовательных услуг крайне важно осознавать, что сегодня иностранные абитуриенты, желающие обучаться за грани-

цей своих государств, находятся в огромном потоке информации о соответствующих возможностях из университетов всего мира, многие из которых в связи с наличием больших ресурсов могут осуществлять дополнительные эффективные высокотратные рекламные кампании. В связи с этим абитуриенты не будут затрачивать дополнительные усилия для поиска информации, которой нет на сайте или на странице в социальных сетях белорусского университета, когда у них есть множество доступной информации об университетах других стран.

По результатам регрессионного анализа было сформировано следующее уравнение линейной регрессии:

$$Y = 90,9 + 0,253X + \varepsilon, \quad (1)$$

*t-статистика:*     9,5    2,24  
*F* (1,19) = 5,02     *R*<sup>2</sup> = 20,9 %

где *Y* – темп роста числа иностранных студентов в учреждении высшего образования в 2018/2019 учебном году по сравнению с 2017/2018 учебным годом;

*X* – процент соответствия официального сайта учреждения высшего образования критериям группы;

$\varepsilon$  – остатки регрессионной модели.

Параметры уравнения регрессии (1) были оценены методом наименьших квадратов с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0. При этом по критерию Парка была установлена гомоскедастичность остатков регрессионной модели, что является одной из важных предпосылок метода наименьших квадратов.

Отметим, что выбор линейной формы уравнения регрессии обусловлен, во-первых, наличием статистически значимой линейной связи, выявленной в ходе корреляционного анализа, во-вторых, простотой экономической интерпретации уравнения линейной регрессии, в-третьих, сравнительно небольшим объемом исходных данных (21 наблюдение – по числу учреждений высшего образования, подчиненных Министерству образования Республики Беларусь).

Полученное уравнение (1) является статистически значимым в целом по *F*-критерию Фишера, а его коэффициент регрессии и свободный член — по *t*-критерию Стьюдента при уровне значимости 5 %. Коэффициент эластичности для рассматриваемого уравнения составил 0,179, т. е. при увеличении уровня соответствия официального

<sup>4</sup> Рассчитано авторами по данным учреждения «Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь».

сайта учреждения высшего образования критериям размещения информации о предоставляемых услугах на 1 % темпы роста числа иностранных студентов в учреждении повышаются на 0,179 %.

Коэффициент детерминации  $R^2$ , равный 20,9 %, позволяет сделать вывод о том, что размещение информации о перечне и стоимости образовательных услуг является далеко не единственным, однако достаточно значимым направлением повышения экспортного потенциала: более 20 % вариации темпов роста иностранных студентов в учреждениях высшего образования Беларуси в 2018/2019 учебном году объясняется вариацией уровня соответствия информации об оказываемых услугах на официальных сайтах университетов.

К важным результатам корреляционно-регрессионного анализа, помимо моделирования зависимости роста числа иностранных студентов от размещения информации о перечне и стоимости услуг, товаров и работ на официальном сайте учреждения, следует отнести выявление отсутствия статистически значимого влияния ряда критериев мониторинга (в частности, наличия ссылок на страницы учреждения высшего образования в социальных сетях, анализируемое при осуществлении мониторинга в ручном режиме) на показатели экспорта образовательных услуг.

Роль социальных сетей в распространении информации, особенно среди молодежи, сегодня не подвергается сомнению и едва ли может быть переоценена. В то же время само по себе наличие аккаунта в социальной сети и размещение ссылки на него на официальном сайте университета, которое является одним из критериев «ручного» мониторинга, как было доказано в результате корреляционно-регрессионного анализа, не является стимулом экспорта образовательных услуг. К важным условиям обеспечения эффективности использования социальных сетей для продвижения университета на мировом рынке образовательных услуг относятся: ведение страниц на иностранных языках (как минимум на английском), оказание оперативных консультаций (в том числе на иностранном языке), своевременное размещение интересной, нетривиальной и востребованной информации о различных сторонах деятельности университета (т. е. наличие уникального контента).

В настоящее время ни одно из этих условий не проверяется в рамках мониторинга информационных ресурсов учреждений образо-

вания Беларуси. Тем не менее их выполнение учреждениями профессионально-технического, среднего специального и высшего образования предусматривается инструктивно-методическим письмом Министерства образования от 9 июля 2018 года.

**Заключение.** Проведенное исследование процессов мониторинга информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь и его влияния на развитие экспорта образовательных услуг позволяет сделать вывод, что несмотря на наличие определенных методологических недостатков, проведение мониторинга и обеспечение соблюдения включенных в него требований способствует как повышению экспортного потенциала белорусских университетов, так и улучшению их информационной работы в сети Интернет в целом.

В результате исследования был сформирован ряд рекомендаций по дальнейшему развитию и совершенствованию процессов мониторинга.

Несмотря на разработку АИС Мониторинг, оценка соответствия интернет-сайтов учреждений образования по большей части установленных критериев осуществляется экспертами в ручном режиме, в связи с чем крайне важной задачей становится минимизация влияния субъективных факторов. Для этого целесообразна разработка подробных методических указаний для экспертов, разъясняющих единые подходы к оценке каждого из критериев, что позволит обеспечить более высокую степень сопоставимости результатов мониторинга, осуществленного разными экспертами, а также повысить достоверность и обоснованность итоговых выводов и рекомендаций аналитиков.

Исследование результатов мониторинга, в том числе с применением методов корреляционно-регрессионного анализа, выявило недостаточную информативность используемых при мониторинге бинарных оценок. В связи с этим целесообразно при возможности расширять шкалу оценок по критериям, например, внедрять систему балльных оценок экспертами.

Различные цели использования официального интернет-сайта учреждениями образования различных типов обуславливают целесообразность применения разнообразных критериев оценки в рамках мониторинга. Следовательно, анализ реализации экспортного потенциала учреждений высшего образования требует значительного расширения критериев мониторинга. На первом этапе такого расшире-

ния в АИС Мониторинг может быть обеспечен учет критериев, которые оценивались в ходе мониторинга в ручном режиме в рамках реализации Концепции развития экспорта услуг, в первую очередь связанных с использованием социальных сетей.

Тем не менее имеется необходимость в пересмотре этих критериев, так как их статистически значимая связь с показателями экспорта образовательных услуг не была выявлена. Важен переход от поверхностной количественной оценки информационного наполнения сайтов учреждений высшего образования и страниц в соцсетях к анализу его качества. Например, могут учитываться такие показатели, как степень полноты версий сайта на иностранном языке, доля трафика из иностранных государств, наличие страниц в социальной сети на иностранном языке, проведение оперативных консультаций в соцсетях на иностранном языке, актуальность и высокая периодичность размещения информации в соцсетях на иностранном языке.

Так как в результате исследования было установлено наличие статистически значимой зависимости темпов роста числа иностранных студентов в белорусских университетах от наличия на сайте учреждения информации о перечне и цене образовательных услуг, целесообразно уделить внимание детализации связанных с ней критериев мониторин-

га: наличие информации по состоянию на последний учебный год, указание цены в долларах США и др.

Дальнейшее совершенствование процессов мониторинга информационных ресурсов учреждений образования будет способствовать повышению эффективности мероприятий, направленных на реализацию их экспортного потенциала.

**Выражение признательности.** Авторы выражают благодарность сотрудникам ГИАЦ Минобразования: ведущему инженеру-программисту отдела информационно-аналитического обеспечения Жигало Галине Павловне за предоставление статистической информации, необходимой для проведения данного исследования, начальнику отдела информационных технологий и защиты информации Богатко Максиму Павловичу, заместителю начальника отдела информационных технологий и защиты информации Мисюкевич Анастасии Михайловне, начальнику отдела автоматизированного сбора и обработки статистической информации Ажеронок Ирине Дмитриевне, а также инженеру-программисту отдела информационных технологий и защиты информации Долбич Марии Владимировне — за консультации по вопросам работы автоматизированной интегрированной системы мониторинга информационных ресурсов учреждений образования.

## Список литературы

1. Бондарь, А. В. Предпринимательский университет как точка роста экономики знаний / А. В. Бондарь, П. А. Лис, В. И. Слиж // *Белорусский экономический журнал*. – 2018. – № 4. – С. 105–122.
2. Лис, П. А. Формирование информационной системы управления в секторе образования и развитие системы образования Беларуси на основе опыта Эстонии / П. А. Лис, Д. А. Качан, В. И. Слиж, А. Б. Бельский // *Цифровая трансформация*. – 2018. – № 4 (5). – С. 5–15.
3. Богуш, В. А. Цифровая трансформация высшего образования / В. А. Богуш // *Цифровая трансформация образования : тез. докл. 1-й науч.-практ. конф., Минск, 30 мая 2018 г. [электронный ресурс] / М-во образования Респ. Беларусь, ГИАЦ Минобразования; редкол.: В. А. Богуш [и др.]*. – Минск: ГИАЦ Минобразования, 2018. – С. 450–453. – Режим доступа: [http://dtconf.unibel.by/doc/DTE\\_conference.pdf](http://dtconf.unibel.by/doc/DTE_conference.pdf). – Дата доступа: 01.03.2019.
4. Информационное общество в Республике Беларусь, 2017 г.: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь; [редкол.: И.С. Кангро (пред.) и др.]. – Минск, 2017. – 109 с.
5. Карпенко, Л. И. Статистическая оценка готовности к цифровой трансформации экономики Республики Беларусь / Л. И. Карпенко, А. Б. Бельский // *Цифровая трансформация*. – 2018. – №1 (2). – С. 14–25.
6. Об утверждении Концепции развития экспорта услуг (продвижение бренда «Образование в Беларуси») на 2018–2020 годы: приказ Министра образования Респ. Беларусь, 20 февр. 2018 г., № 130 // *Эталон – Беларусь [Электронный ресурс] / НЦПИ*. – Минск, 2018.
7. Алексеев, Ю. Г. Университет 3.0: методические подходы к управлению научно-инновационным развитием / Ю. Г. Алексеев, Н. А. Дудко // *Цифровая трансформация*. – 2018. – № 3 (4). – С. 14–19.
8. Липович, А. В. Совершенствование информационных ресурсов в сфере образования на основе их мониторинга / А. В. Липович, А. Б. Бельский // *Информационные технологии : материалы 83-й науч.-техн. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4-15 февраля 2019 года [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов; УО БГТУ. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 24–26.*
9. Бельский, А. Б. Экспорт образовательных услуг в Республике Беларусь и его информационное обеспечение в условиях цифровой трансформации образования / А. Б. Бельский, А. П. Москаленко // *Цифровая трансформация образования : тез. докл. 1-й науч.-практ. конф., Минск, 30 мая 2018 г. [электронный ресурс] / М-во образования*

- Респ. Беларусь, ГИАЦ Минобразования; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск: ГИАЦ Минобразования, 2018. – С. 436–441. – Режим доступа: [http://dtconf.unibel.by/doc/DTE\\_conference.pdf](http://dtconf.unibel.by/doc/DTE_conference.pdf). – Дата доступа: 14.03.2018.
10. Образование в Республике Беларусь (учебный год 2018/2019): стат. бюлл. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2018. – 46 с.
11. Обоснование, разработка и апробация автоматизированной информационной системы аудита информационных ресурсов учреждений образования Республики Беларусь, оценки их состояния и актуальности: отчет о НИР / ГИАЦ Минобразования; рук. П. А. Лис. – Минск, 2018. – 393 с. – № ГР 20180248.
12. АИС Мониторинг / ГИАЦ Минобразования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ais-layout.unibel.by>. – Дата доступа: 20.03.2019.
13. Республика Беларусь в зеркале социологии: сборник материалов социологических исследований / Информационно-аналитический центр при Администрации Президента Республики Беларусь; под общ. ред. А. П. Дербина. – Минск, 2018. – 180 с.
14. Преимущества обучения в Беларуси [Электронный ресурс] / Study in Belarus // М-во образования Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://studyinby.com/advantages-of-training-in-belarus/>. – Дата доступа: 25.03.2019.

## References

1. Bondar A. V., Lis P. A., Slizh V. I. Entrepreneurial University as a growth point of knowledge economy. *Belorusskiy Ekonomicheskiy zhurnal* [Belarusian Economic Journal], 2018, 4, pp. 105–122 (in Russian).
2. Lis P. A., Kachan D. A., Slizh V. I., Belsky A. B. Formation of the Management Information System in the Education Sector and the Development of the Education System of the Republic of Belarus Based on the Experience of Estonia. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2018, 4 (5), pp. 5–15 (in Russian).
3. Bogush V. A. Digital Transformation of Higher Education. *Cifrovaja transformacija obrazovanija: doklady 1 nauch.-prakt. konf.* [Digital Transformation of Education: Reports of the 1st Scientific and Practical Conf.]. Minsk: MIAC, 2018, pp. 450–453. Available at: [http://dtconf.unibel.by/doc/DTE\\_conference.pdf](http://dtconf.unibel.by/doc/DTE_conference.pdf) (accessed 01.03.2019) (in Russian).
4. *Informacionnoe obshchestvo v Respublike Belarus', 2017. Statisticheskij sbornik* [Information Society in the Republic of Belarus, 2017. Statistical Book]. Minsk, National Statistical Committee of the Republic of Belarus, 2017. 109 p. (in Russian).
5. Karpenko L. I., Belsky A. B. Statistical Estimation of the Readiness to the Digital Transformation of the Economy of the Republic of Belarus. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2018, 1 (2), pp. 14–25 (in Russian).
6. *Ob utverzhenii Konceptii razvitiya jeksporta uslug (prodvizhenie brenda «Obrazovanie v Belarusi») na 2018–2020 gody: prikaz Ministra obrazovanija Resp. Belarus', 20 febr. 2018 g., № 130* [On approval of the Concept of the development of export services (promotion of the brand “Education in Belarus”) for 2018–2020: order of the Minister of Education of the Republic of Belarus, Feb. 20, 2018, № 130]. Available at: Etalon Belarus.
7. Alekseev Y. G., Dudko N. A. University 3.0: Methodical Approaches to the Scientific and Innovative Development Management. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2018, 3 (4), pp. 14–19 (in Russian).
8. Lipovich A. V., Belsky A. B. Improving Information Resources in the Field of Education Based on Their Monitoring. *Informacionnye tehnologii : materialy 83 nauch.-tehn. konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnyy sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiem)* [Information Technologies: Proceedings of the 83 Scientific and Practical Conf. of the Faculty Members, Researchers and Graduate Students (with international participation)]. Minsk: BSTU, 2019, pp. 24–26 (in Russian).
9. Belsky A. B., Moskalenko A. P. Export of Educational Services in the Republic of Belarus and Its Information Support in the Conditions of Digital Transformation of Education. *Cifrovaja transformacija obrazovanija: doklady 1 nauch.-prakt. konf.* [Digital Transformation of Education: Reports of the 1st Scientific and Practical Conf.]. Minsk: MIAC, 2018, pp. 436–441. Available at: [http://dtconf.unibel.by/doc/DTE\\_conference.pdf](http://dtconf.unibel.by/doc/DTE_conference.pdf) (accessed 01.03.2019) (in Russian).
10. *Obrazovanie v Respublike Belarus' (uchebnyj god 2018/2019). Statisticheskij bjulleten'* [Education in the Republic of Belarus (academic year 2018/2019). Statistical bulletin]. Minsk, National Statistical Committee of the Republic of Belarus, 2018. 46 p. (in Russian).
11. *Obosnovanie, razrabotka i aprobacija avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy audita informacionnyh resursov uchrezhdenij obrazovanija Respubliki Belarus', ocenki ih sostojanija i aktual'nosti: otchet o NIR* [Justification, development and testing of an automated information system for auditing information resources of educational institutions of the Republic of Belarus, assessing their status and relevance: a report on research]. Minsk, MIAC, 2018. 393 p. (in Russian).
12. AIS Monitoring. Available at: <http://ais-layout.unibel.by> (accessed 20.03.2019) (in Russian).
13. *Respublika Belarus' v zerkale sociologii: sbornik materialov sociologicheskikh issledovanij* [The Republic of Belarus in the Mirror of Sociology: a collection of materials of sociological research]. Minsk, Information and Analytical Center at the Administration of the President of the Republic of Belarus, 2018. 180 p. (in Russian).
14. Advantages of Studying in Belarus. Available at: <http://studyinby.com/en/advantages-of-studying-in-belarus> (accessed 25.03.2019).

Received: 02.04.2019

Поступила: 02.04.2019

## Анализ мирового опыта цифровой трансформации промышленности: институциональная модель

**И. А. Зубрицкая**, старший преподаватель кафедры «Маркетинг»

E-mail: [zubritskaya@tut.by](mailto:zubritskaya@tut.by)

Белорусский национальный технический университет,  
пр. Независимости, 65, 220100, г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье исследован мировой опыт внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции в промышленное производство. Систематизированы основные практические подходы к цифровой трансформации промышленности, выделены ключевые тенденции существующих механизмов цифровых преобразований промышленного производства. На основании результатов проведенного анализа предложена институциональная модель организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация промышленности; эффективность цифровизации; интеграция цифровых пространств; институциональная модель; цифровые производственные преобразования

**Для цитирования:** Зубрицкая, И. А. Анализ мирового опыта цифровой трансформации промышленности: институциональная модель / И. А. Зубрицкая // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1 (6). – С. 21–35. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-21-35>



© Цифровая трансформация, 2019

## Analysis of the World Experience of Digital Transformation of Industry: Institutional Model

**I. A. Zubritskaya**, Senior Lecturer, Department of Marketing

E-mail: [zubritskaya@tut.by](mailto:zubritskaya@tut.by)

Belarusian National Technical University, 65 Independence Ave.,  
220100 Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The article describes the world experience of implementation technical and technological means of the fourth industrial revolution in industry. The main practical approaches to the digital transformation of industry are systematized, the key trends of the existing mechanisms digital transformation of industrial production are highlighted. Based on the results of the analysis, an institutional model of the organizational and economic mechanism digital transformation of the manufacturing industry Republic of Belarus is proposed.

**Key words:** digital transformation of the industry; the effectiveness of digitization; the integration of digital spaces; the institutional model; the digital production transformation

**For citation:** Zubritskaya I. A. World Experience of Introduction of Technical and Technological Means of the Fourth Industrial Revolution: an Economic Analysis. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 1 (6), pp. 21–35 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-21-35>

© Digital Transformation, 2019

**Введение.** Анализ особенностей предшествующих промышленных революций, их движущих сил и вызванных ими экономических и социальных последствий приводит к осознанию признаков наступления четвертой промышленной революции, объединяющей физическую, цифровую и технологическую реальность в новую реальность высоких скоростей, широких возможностей, системных последствий [1].

Хронологическая цепочка исследований научных трудов историков, экономистов, фи-

лософов, политологов, проведенных в мире с XVIII по XXI вв. нашей эры связана с вопросами, затрагивающими формирование концепции промышленной революции в историческом контексте, а также с научными исследованиями технико-технологических факторов, социально-экономических, общественно-политических и культурных явлений, сопровождающих промышленные революции.

Особенности промышленных революций, их предпосылки и последствия были исследова-

ны и описаны в фундаментальных научных трудах Ж. Бланки, Ф. Энгельса, К. Маркса, В. И. Ленина, А. Тойнби, И. Манту, Ф. Броделя, Э. Дж. Хобсбаума, Дж. Хикса, Им. Валлерстайна, Р. М. Гусейнова, М. В. Конотонова.

На основании проведенного анализа научных исследований, посвященных признанным в мире промышленным революциям, их сущности, особенностям и их значению в экономическом развитии общества, можно сделать вывод, что базисом наступающей четвертой промышленной революции в промышленности будет масштабное внедрение прорывных технико-технологических средств глобальных мегатрендов, таких как: элементы промышленного искусственного интеллекта, машинного обучения и машинного зрения, когнитивные информационно-управляющие системы промышленного Интернета вещей, технологии больших данных и облачные технологии, туманные вычисления, виртуальная и дополненная реальности, 3D-технологии и др., которые обеспечат сетевую глобальную интеграцию информационных структур и элементов искусственного интеллекта, встроенных в промышленные объекты, материалы, машины и оборудование, а также объединят в интеграционную производственную сеть промышленные предприятия и организации, с целью координации и управления процессами в их совместном сетевом взаимодействии, которое должно быть гибким адаптивным и управляемым в реальном времени [2].

Как отмечают современные ученые С. Ю. Глазьев [3; 4], В. Ф. Байнев [5], Л. Н. Нехорошева [6], в результате реализации концепции четвертой промышленной революции технико-технологические средства которой соответствуют VI технологическому укладу, производственное предприятие будет представлять собой интеллектуальную интерактивную сеть, объединяющую в себе киберфизические системы, программные («облачные») системы, цифровое оборудование, машины и другие объекты со встроенными информационными датчиками и элементами искусственного интеллекта, произойдет распространение логистических систем и интеграция всех функций предприятия и его партнеров в единую согласованную цепь.

В современных условиях развития мировой цифровой экономики, экономический рост Республики Беларусь также связан с глобальными тенденциями развития технико-технологических средств четвертой промышленной революции. На II съезде ученых Беларуси (2017 г.) Президент

Республики Беларусь А. Г. Лукашенко подчеркнул важность и острую необходимость эффективного объединения науки и производства с целью повышения инновационного, научно-технического потенциала страны, внедрения в реальный сектор экономики разработок ученых, развития высокотехнологичных производств, внедрения в традиционные производства передовых технологий с дальнейшей эффективной реализацией промышленной высокотехнологичной продукции.

Из проведенного анализа уровня технико-технологического развития обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, некоторые выводы которого опубликованы в [7], следует, что объем производства высокотехнологичной продукции Республики Беларусь ограничен настоящим, имеющимся технико-технологическим уровнем производственных мощностей и запаздыванием национальных промышленных предприятий в освоении и применении цифровых технологий в промышленном производстве. Следовательно, актуальной задачей для увеличения объемов выпуска высокотехнологичной и наукоемкой продукции является преобразование традиционных производств обрабатывающей промышленности Республики Беларусь в высокотехнологичные производства путем цифровой трансформации промышленности с использованием технико-технологических средств четвертой промышленной революции.

Внедрение в производство технико-технологических средств четвертой промышленной революции не только изменяет систему производства, но и приводит к изменениям социально-экономических параметров: росту производительности труда, снижению операционных затрат, экономии производственных ресурсов. При этом происходит трансформация структуры добавленной стоимости в результате внедрения высокотехнологичной, цифровой и интеллектуальной составляющей. Последнее станет возможным через концентрацию на территории государства звеньев производств транснациональных компаний. Этому способствует географическое положение Республики Беларусь, открывающее перспективу получения статуса координирующего центра цепочек создания добавленной стоимости промышленных продуктов.

Таким образом, актуальность настоящего исследования продиктована, во-первых, стремительностью цифровизации и глобализации современного общества, во-вторых — открытостью задач по адаптации к этому процессу Республики Беларусь [8].

С целью развития организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, масштабного внедрения прорывных цифровых практик, проектов, цифровых бизнес-моделей и технологий на промышленных предприятиях страны необходимо ранжировать приоритеты в развитии и координации цепочек создания добавленной стоимости высокотехнологичной и наукоемкой продукции в интеграционной производственной системе. Поставленная задача требует оперативного анализа существующего мирового опыта внедрения в обрабатывающую промышленность технико-технологических средств четвертой промышленной революции.

**Основная часть.** В 2018 г. глобальная консалтинговая компания PwC Strategy& опубликовала результаты опроса более 1155 руководителей производственных корпораций из 26 стран о внедрении цифровой трансформации промышленности [9]. На их основе эксперты PwC разработали индекс уровня внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции. Исследуемые предприятия были распределены по категориям: Digital Novices («цифровые начинающие»), Digital Followers («цифровые последователи»), Digital Innovators («цифровые новаторы») и Digital Champions («цифровые чемпионы»), уровни которых соответствуют уровням развития цифровой экосистемы: клиенты, операции, технологии и кадры.

Результаты распределились следующим образом: 10 % мировых промышленных компаний находятся в ранге «цифровых чемпионов», а 66 % — в категории начинающих. В рейтинге отраслей промышленности, в которых осуществляется цифровая трансформация (рис. 1) лидируют предприятия по производству автомобилей: 20 % — «цифровых чемпионов», 34 % — «цифровых новаторов», 32 % — «цифровых последователей», остальные 14 % — «цифровые начинающие». Руководители компаний, которые осуществляют цифровую трансформацию промышленности, рассчитывают на снижение производственных издержек и повышение эффективности от внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов в ближайшие пять лет.

При этом снизить производственные издержки планируют 16 % «цифровых чемпионов» и 10 % «цифровых начинающих».

Более 50 % цифровых активов «цифровые чемпионы» получают от включения в процесс производства технико-технологических средств глобальных мегатрендов, характерных для четвертой промышленной революции, инвестиции в которые в ближайшее пятилетие обеспечат прирост дохода на 15 %.

Более 50 % цифровых активов «цифровые чемпионы» получают от включения в процесс производства технико-технологических средств глобальных мегатрендов, характерных для четвертой промышленной революции, инвестиции в которые в ближайшее пятилетие обеспечат прирост дохода на 15 %.



Рис. 1. Концентрация внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов мировыми производственными корпорациями по отраслям в процентах

Примечание. Разработано на основе [9].

Fig. 1. Concentration of implementation of technological means of global mega-trends by world manufacturing corporations by industry in percent

Note. Developed on the basis of [9].

90 % «цифровых чемпионов» находятся на стадии активного внедрения Интернета вещей и робототехники, а «цифровые начинающие» освоили диагностическое техническое обслуживание (39 %) и интегрированную логистику (32 %). Искусственный интеллект для автоматизации выполнения ручных и когнитивных задач внедрила одна треть «цифровых чемпионов». Вместе с тем 98 % «цифровых начинающих» предприятий не нашли практического применения этой технологии.

При этом, 52 % «цифровых чемпионов» отмечают дефицит специалистов с необходимым опытом масштабного внедрения систем искусственного интеллекта, а 27 % — что у персонала достаточно навыков для того, чтобы справиться с вызовами четвертой промышленной революции.

Более 70 % «цифровых чемпионов» отмечают четкие стратегические цели и мотивацию руководителей к внедрению цифровой трансформации, которая, в свою очередь, связана с инвестированием в развитие навыков персонала.

Кроме этого, по результатам исследования PwC Strategy& (2018 г.), лидерами цифровой трансформации промышленности и интеграции цепочек создания добавленной стоимости в 2017 г. стали предприятия Азиатско-Тихоокеанского региона, в состав которого входят 21 государство: Россия, Китай, Южная Корея, Япония, Китай, Тайвань, Таиланд, Вьетнам, Филиппины,

Малайзия, Сингапур, Бруней, Индонезия, Новая Гвинея, Австралия, Новая Зеландия, Канада, США, Мексика Перу, Чили. При этом сравнивались показатели темпов цифровой трансформации промышленных предприятий, которые превышают показатели аналогичных промышленных предприятий в странах Европы, Ближнего Востока и Африки (рис. 2).

Так, достичь высокого технико-технологического развития в соответствии с глобальными мегатрендами планируют 32 % азиатских промышленных компаний, 24 % промышленных предприятий Америки и 15 % — в регионе ЕМЕА (Европа, Ближний Восток и Африка). Это, в свою очередь, в течение короткого периода позволит увеличить рост выручки в Азиатско-Тихоокеанском регионе и в Северной и Южной Америке до 17 %, а в регионе ЕМЕА — в пределах 13 %.

В последнее десятилетие все промышленные страны мира работают в направлении развития цифровой экономики и цифровой трансформации промышленности как основного ядра экономической системы. Следует отметить, что наиболее популярными по внедрению в производство глобальными мегатрендами промышленной четвертой революции являются: промышленный Интернет вещей, искусственный интеллект, электронная торговля, робототехника и системы цифрового управления предприятиями. Лидеры по их использованию

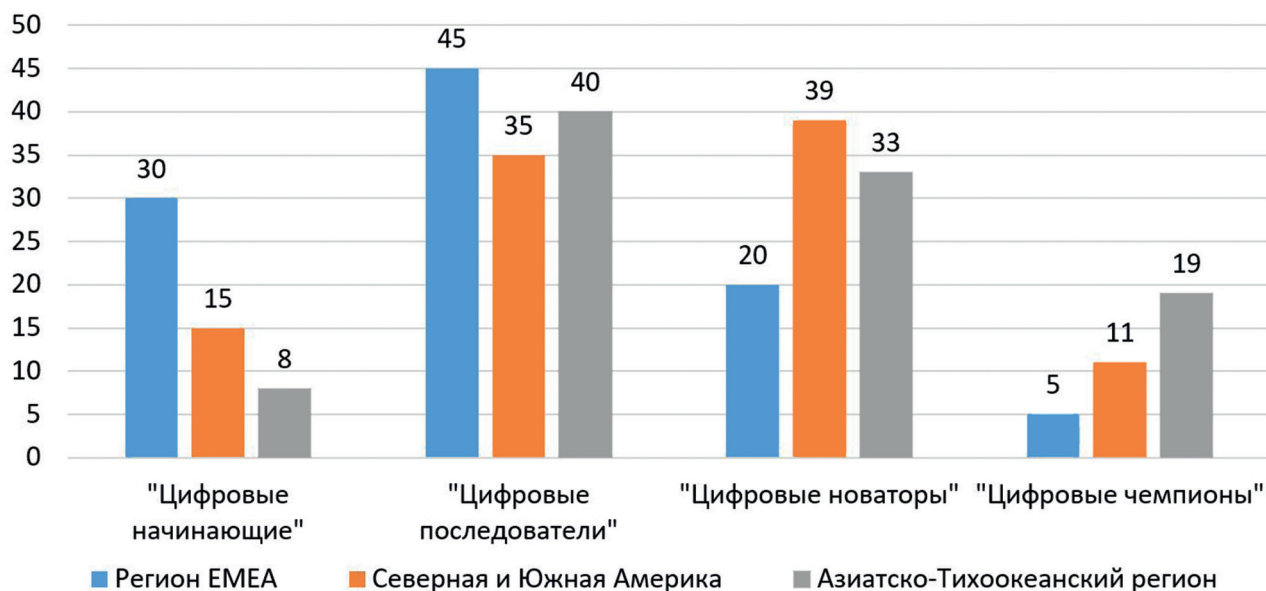


Рис. 2. Ранжирование производственных предприятий, осуществляющих цифровую трансформацию промышленности по регионам мира  
Примечание. Разработано на основе [9].

Fig. 2. Ranking of industrial enterprises engaged in digital transformation of industry by regions of the world  
Note. Developed on the basis of [9].



### Технико-технологические средства: динамика внедрения, процентов

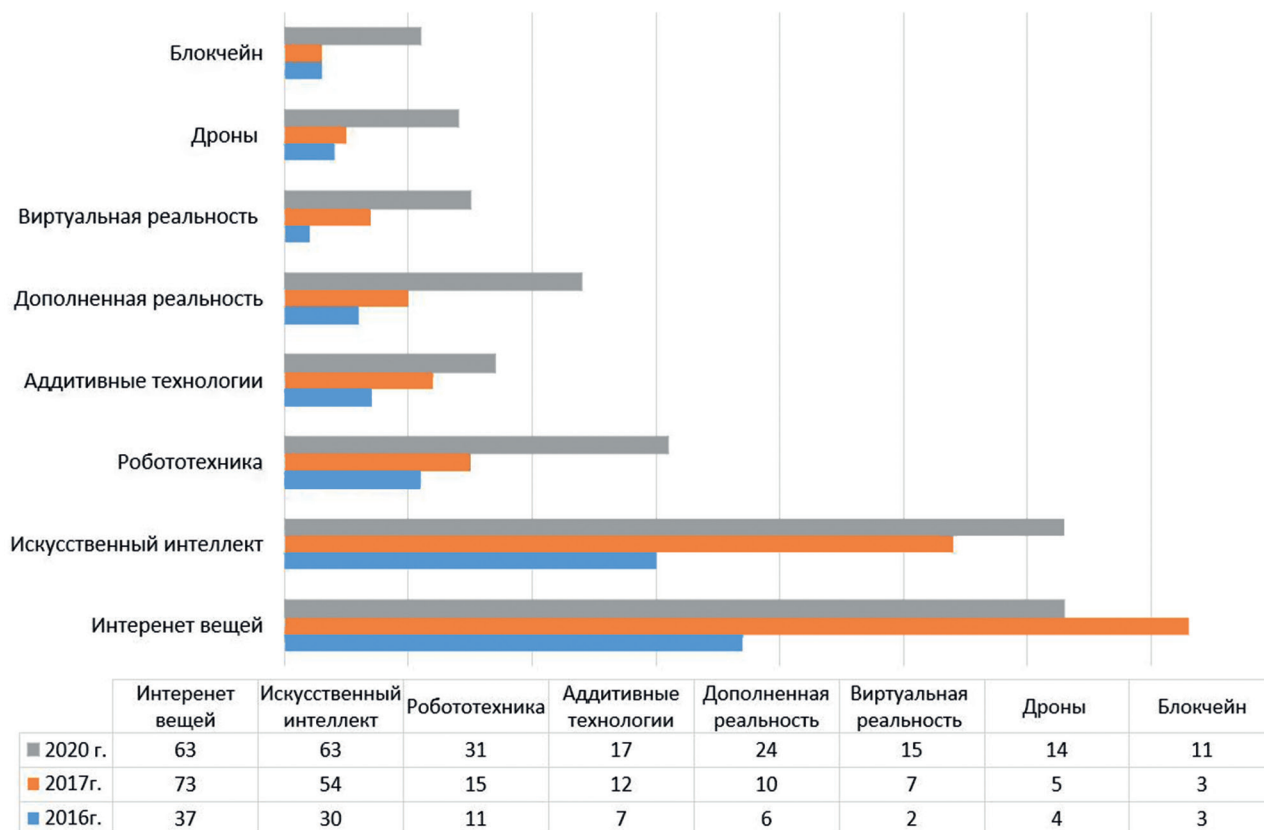


Рис. 3. Дифференциация технико-технологических средств глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции и интенсивность их внедрения в промышленность (мировой опыт)

Примечание. Разработано на основе [9; 10].

Fig. 3. Дифференциация технико-технологических средств глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции и интенсивность их внедрения в промышленность (мировой опыт)

Note. Developed on the basis of [9;10].

— предприятия Азии (15 %). В противовес им — промышленность ЕМЕА (5 %).

Однако только 10 % мировых промышленных компаний активно внедряют технико-технологические средства глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции. У большинства компаний отсутствуют стратегии цифрового развития, необходимые для того, чтобы осуществить трансформацию промышленности и внести вклад в формирование глобальной цифровой экономики [9].

На основании данных исследований (2016–2017 гг.), автором проанализирована динамика внедрения промышленными предприятиями мира технико-технологических средств глобальных мегатрендов, характерных для четвертой промышленной революции, и прогнозируемые показатели их использования в 2020 г. (рис. 3).

Таким образом, азиатские промышленные предприятия достигли высокой конкурентоспособности и стали лидерами в осуществлении цифровой трансформации за счет:

– проактивного подхода и технической компетенции руководителей, высокой скорости внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции в ключевые производственные процессы;

– резкого увеличения роста затрат на цифровую трансформацию промышленности и повышения оплаты труда квалифицированным специалистам.

Низкие темпы экономического роста промышленных предприятий региона ЕМЕА в большинстве случаев связаны со средним уровнем интеграции цепочки создания добавленной стоимости промышленного продукта, при этом наблюдается низкий уровень автоматизации промышленного производства и подключения информационных ресурсов к промышленной сети. Также, в отличие от своих конкурентов из Азиатско-Тихоокеанского региона, у промышленных компаний региона ЕМЕА отсутствует налаженная связь составляющих производственной деятель-

ности, немногие из них применяют принципы кооперации и субконтракции для создания партнерских отношений с субъектами цепочек создания добавленной стоимости промышленных продуктов и наиболее выгодных предложений для потребителей.

Представляет интерес опыт «цифровых чемпионов», а именно – какие подходы используются ими для достижения долгосрочных стратегических целей, выходящих за рамки автоматизации производства. Исследуя их, был сделан следующий вывод, что «чемпионы» являются таковыми благодаря высоким показателям в четырех ключевых блоках: цифровые технологии (технично-технологический блок), цифровые бизнес-процессы (экономический блок), цифровизация систем организации производства и управления предприятием (управленческий блок), навыки и цифровые компетенции персонала (компетентностный блок). Именно в них реализуются механизмы, методы и инструменты высокоорганизованной деятельности цифрового промышленного предприятия (рис. 4). Выделенные ключевые блоки можно соотнести к базису формирования цепочки добавленной стоимости промышленного продукта, активное развитие которой вероятнее всего и приводит к следующим результатам:

– получение более высокой выручки от инициатив и действий, направленных на повышение

удовлетворенности нужд промышленных потребителей в реальном времени и многоканальном взаимодействии, а также за счет предложения индивидуализированных решений;

– увеличение маржинальной прибыли за счет оптимального использования внутренних возможностей промышленной компании и расширения партнерских отношений, объединенных в единую партнерскую сеть;

– маневренность за счет управления гибкой партнерской сетью;

– «непрерывная коннективность» (связанность во времени и пространстве) операционной деятельности, повышающая эффективность промышленного предприятия за счет сокращения текущих затрат [10].

Кроме этого, результаты исследования показали, что для формирования цифровых экосистем также необходима институциональная среда, способствующая интенсивному и масштабному развитию цифровой трансформации промышленности, получению инженерных цифровых навыков и развитию уникальных компетенций персонала, процессам кооперации и субконтракции с целью расширения партнерских отношений в цепочках создания добавленной стоимости промышленного продукта, согласования интересов государственного и частного промышленных секторов и развития государственно-частного партнерства.

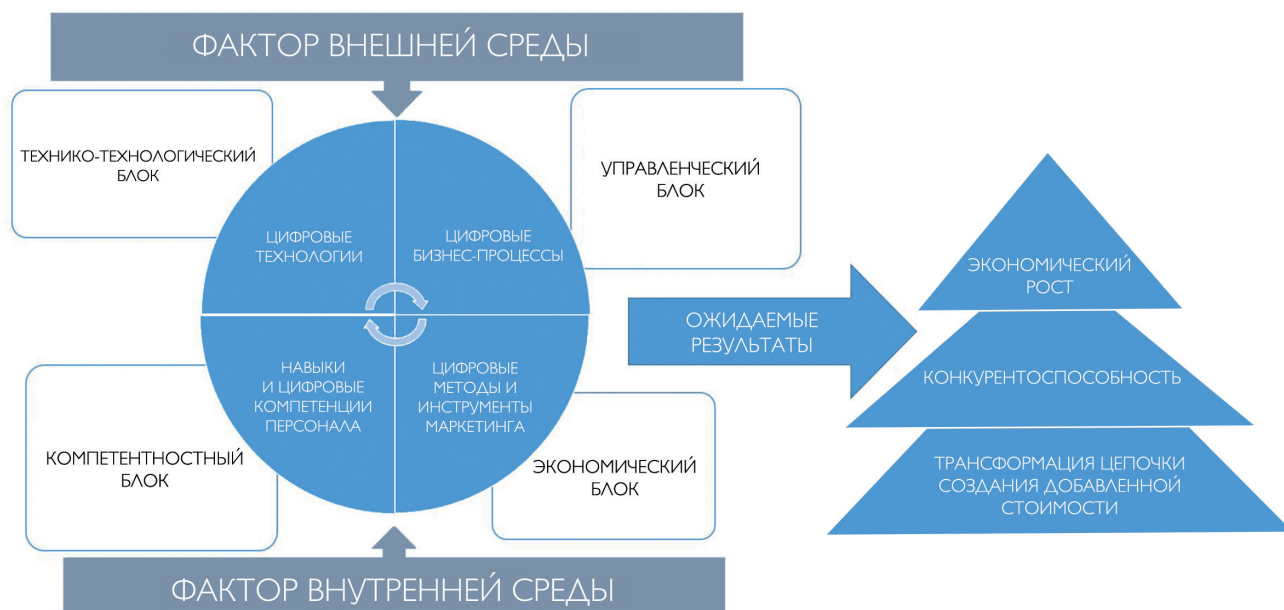


Рис. 4. Концептуальная модель организационно-экономического механизма цифровой трансформации промышленных предприятий

Примечание. Разработано на основе [1; 2; 8–10].

Fig. 4. Conceptual model of organizational and economic mechanism of digital transformation of industrial enterprises

Note. Developed on the basis of [1; 2; 8–10].

На основании проведенного анализа институциональных аспектов цифровой трансформации промышленности и факторов, влияющих на формирование институциональной среды, способствующей масштабному внедрению технико-технологических средств глобальных мегатрендов и развитию цифровых экосистем, можно сделать вывод о существовании следующих тенденций: принятие мировой общественностью вызовов четвертой промышленной революции и поиск стратегических решений через создание нормативных программных документов, которые бы регламентировали развитие цифровой трансформации промышленности.

Например, в США принята программа “Advanced Manufacturing Partnership” (AMP, 2011 г.), инвестиционный фонд которой составляет более 500 млн долларов [11]. Она направлена на обеспечение конкурентных преимуществ страны за счет развития обрабатывающей промышленности. Программа предусматривает сотрудничество научных обществ, промышленных предприятий и правительства, организацию совместного инвестирования, развитие инноваций и их коммерциализацию, объединение в сеть “National Network for Manufacturing Innovation” правительства, образования, науки и промышленности. Среди участников — ведущие американские университеты, экспериментальные исследовательские институты, промышленные холдинги США. Фонд составляет 8,5 миллиардов долларов США и направлен на развитие химической, биологической, энергетической, робототехнической промышленных отраслей, энергосбережения и подготовки специалистов соответствующей квалификации. Ускорение промышленного развития через внедрение киберфизических промышленных систем, интеллектуальной аналитики, основанной на технологии промышленного Интернета, поддержано инициативой частного промышленного сектора и созданием консорциума “Industrial Internet Consortium” (2014 г.), объединяющего в своем составе Cisco, IBM, Intel и др. [12].

Современная научно-техническая политика развития Республики Корея получила формализацию в документе «Долгосрочный прогноз развития науки и технологий до 2025 г.» (“Long-term Vision for Science and Technology Development toward 2025”), который был принят в 2013 году.

В 2015 году очередным этапом внедрения «креативной экономики» стала третья страте-

гия развития науки и технологий “Manufacturing Innovation 3.0 Strategy”. Правительством были одобрены Базовые планы науки и технологий (Science and Technology Basic Plan). Стратегическим направлением стало развитие совершенно новых для экономики Республики Корея промышленных секторов: большие данные, телекоммуникация 5-G, искусственный интеллект, Интернет вещей, беспилотные автомобили, виртуальная реальность, интеллектуальные роботы, энергосбережение и др. Ключевыми министерствами, курирующими стратегические направления развития креативной экономики, стали: Министерство науки, телекоммуникаций и прогнозирования (Ministry of Science, ICT and Future Planning) и Министерство торговли, промышленности и энергетики (Ministry of Trade, Industry and Energy), которые в 2015 году освоили более 60 % государственных расходов на НИОКР (31,9 % и 30,4 % соответственно). Инвестиционный фонд финансирования государственных программ составляет 7,5 млрд долларов США. В новых промышленных секторах к 2025 году планируется создать более 550 тыс. дополнительных рабочих мест [13].

В Японии в 2014 г. была разработана стратегия развития информационно-коммуникационных технологий “Smart Japan Strategy” [14]. В ее рамках в 2015 году был принят «Пятый базовый план научно-технического развития» (“5-th Science and Technology Plan”), в котором поставлены задачи становления сверхинтеллектуального общества (Super Smart Society 5.0) и запланировано ускорение технологического роста за счет внедрения в промышленные производства киберфизических систем и промышленного Интернета вещей [15].

Государственным советом Китайской Народной Республики (2015 г.), в рамках национальной стратегии цифрового развития «Интернет плюс» (Internet Plus), была опубликована Программа «Сделано в Китае 2025», которая основана на интеграции информационно-коммуникационных технологий и индустриализации, а также применении в промышленности искусственного интеллекта [16]. Цель: трансформация и модернизация ключевых отраслей промышленности и удовлетворение основных потребностей в развитии новых поколений информационных технологий (умного производства, производства посадок, новых материалов и биомедицины). Государственным советом Китайской Народной Республики был утвержден «Национальный план стимулирования технологических разрабо-

ток в сфере искусственного интеллекта», который предполагает стратегию мирового лидерства в области разработок и внедрения искусственного интеллекта общей стоимостью 22 млрд долларов США к 2020 году, а к 2030 году — 150 млрд долларов США. Под руководством Государственного совета КНР был создан ряд производственных инновационных центров, охватывающих 1078 проектов и включающих 112 университетов, 225 государственных научно-исследовательских учреждений, 220 промышленных компаний. Определены ключевые технологии НИОКР, индустриализации результатов НИОКР и принципы обучения цифровым навыкам, а также сформулированы и улучшены стандарты и процедуры для отбора, оценки и управления производственными инновационными центрами. Выделены основные продуктовые направления деятельности инновационных центров: технологии искусственного интеллекта, высокопроизводительные станки с ЧПУ, робототехника, аэрокосмическое и морское инженерное оборудование, высокотехнологичные корабли. Государственная поддержка развития цифрового Китая осуществляется с помощью формирования институциональной среды, разработки единых промышленных стандартов, налогового регулирования, государственного финансирования пилотных проектов. Для промышленных предприятий, выпускающих высокотехнологичную и наукоемкую продукцию, снижена ставка налога на прибыль с 25 % до 15 %, а организации-разработчики программного обеспечения освобождены от уплаты налога на прибыль на два года и в последующие три года получают налоговые льготы (снижение на 50 % налога на прибыль) [17].

В 2016 году Комиссия ЕС выступает с инициативой “Digitising European Industry”, в которой формализован набор инструментов и механизмов развития цифровой трансформации европейской промышленности [21]. В июле 2018 г. Европейская комиссия запускает программу «Цифровая Европа» на 2021–2027 гг., бюджет которой составляет 9,2 млрд евро. Программа работает на регулярной основе, отвечающей технико-технологическим глобальным мегатрендам и вызовам цифровой эпохи. В «Цифровой Европе» выделены пять ключевых направлений и определены размеры инвестиций:

- суперкомпьютеры (2,7 млрд);
- искусственный интеллект (2,5 млрд);
- кибербезопасность и доверие (2 млрд);
- цифровые навыки (700 млн);
- обеспечение широкого использования

цифровых технологий в экономике и обществе (1,3 млрд) [22].

На основании данных Европарламента прогнозируется, что технико-технологические средства глобальных мегатрендов четвертой промышленной революции (облачные сервисы и аналитика больших данных) смогут к 2030 году увеличить ВВП Европейского союза на 200 млрд евро благодаря повышению эффективности отраслевых и межотраслевых процессов. При этом уровень экономии за счет устранения институциональных барьеров цифровой трансформации может достичь 2,6 % совокупного ВВП. Следует также отметить, что в 2017 году более 75 % добавленной стоимости совокупного промышленного продукта традиционных отраслей промышленности Европейского союза получено вследствие повышения производительности труда благодаря использованию Интернета [22].

В 2011 г. Германия приняла программу “Industrie 4.0” («Индустрия 4.0»), целью которой является полный переход к 2030 г. на «интернетизированное производство», приводящее к стремительному экономическому росту [19].

Во Франции (2013 г.) был принят план промышленного развития Франции “New Industrial France”, оказывающий институциональную поддержку 34 индустриальным проектам, в число которых входят «Фабрикат будущего», «Робототехника», «Суперкомпьютеры» и др. Данный документ согласован со стратегическим планом научно-технических исследований, диффузией инноваций, европейским трансфером технологий и объединяет интересы частного бизнеса, научной среды и государства [19].

В Великобритании был принят Стратегический план развития промышленности до 2050 года (UK Digital Strategy 2017), в первом разделе которого поставлены стратегические цели по развитию цифровой экономики и цифровой трансформации промышленности в рамках концепции «Индустрия 4.0». [28].

При этом концепция «Индустрия 4.0» была взята за основу для формирования национальных программ цифровой трансформации промышленности во многих индустриально-развитых европейских государствах, таких как: Австрия, Бельгия, Венгрия, Дания, Италия, Испания, Литва, Нидерланды, Польша, Португалия, Словакия, Чехия, Швеция и др.

Аналогичные программы также приняты государства — члены ЕАЭС. В цифровой повестке ЕАЭС отмечено, что к 2025 году, благодаря цифровой трансформации, планируется достичь следующих экономических показателей:

– увеличение ВВП региона на 1,7 %, благодаря масштабному использованию широкополосного Интернета (4G–6G);

– увеличения международной пропускной способности Интернета на 0,66 %;

– увеличение повсеместного распространения электронной торговли на 0,88 % [24].

В 2017 году Российская Федерация утверждает Стратегию развития информационного общества и Программу «Цифровая экономика Российской Федерации» [25; 26]. Принятыми документами определены стратегические цели и задачи развития цифровой экономики в России, а также базовые и прикладные направления развития до 2024 года. Задачи – достижение 34 % прироста ВВП путем открытия десяти высокотехнологичных производств и десяти цифровых платформ для основных отраслей экономики, увеличения доли населения, обладающего цифровыми навыками до 40 %, увеличение числа выпускников вузов по специальностям сферы ИКТ до 120 тыс. в год.

Постановлением правительства Республики Казахстан была утверждена Государственная программа «Цифровой Казахстан» (2017 г.) [27]. Основная стратегическая цель цифрового развития страны – занять в Международном рейтинге цифровой конкурентоспособности тридцатое место, а задачами определены оптимизация инвестиционного климата, повышение производительности труда и рост доли малого и среднего предпринимательства в структуре ВВП.

Следует отметить, что результаты анализа исследования компании McKinsey о влиянии внедрения технико-технологических средств концепции «Индустрия 4.0» показали следующее: более половины респондентов США и Германии отмечают заметные улучшения от их внедрения, а доля цифровой экономики в ВВП составляет: по странам ЕС – 8,2 %, США и Китай – 10 %, Россия – 3,9 %. Так, к 2025 году институт прогнозирует увеличение доли цифровой экономики в ВВП в пределах 50 % и доход мировой экономики от цифровизации более 30 трлн долл. США [28]. Лидерами в формировании конкурентных преимуществ, достигнутых через осуществление цифровой трансформации промышленности, стали ведущие индустриальные концерны: Siemens, ThyssenKrup, Robert Bosch, BASF, Embedded Systems, Smart Factory, Robuste Netze, Cloud Computing и IT-Security, NV, Materialise NV (Бельгия), Limacorporate SPA (Италия), Medical Modeling, Inc. (США) и т. д. Согласно исследованию, более сотни самых дорогих немецких компаний увеличили свою биржевую стоимость.

Результаты анализа мирового опыта цифровой трансформации промышленности, принятых цифровых инициатив внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов и экономические аспекты достигнутых или планируемых результатов от их внедрения систематизированы в таблице 1.

Важными процессами цифровой трансформации промышленности являются интеграционные и кооперационные процессы. При этом США и Германия активно развивают взаимовыгодное

Таблица 1. Технико-технологические средства глобальных мегатрендов и цели их внедрения в производственные процессы

Table 1. Technological means of global mega-trends and the purpose of their implementation in production processes

Наименование технико-технологических средств глобальных мегатрендов	Экономические аспекты внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов
Широкополосный интернет(4G-6G)	Создание технико-технологических условий для получения цифровых активов и развития цифрового промышленного предприятия в рамках цифровой экономики
Цифровое проектирование и моделирование (CAD Computer Aided Design; CAE–Computer Aided Engineering и их аналоги)	Создание условий для развития и внедрения систем планирования ресурсов предприятия
Системы информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства (BIM – Building Information Modeling)	Системное управление процессами промышленного и гражданского строительства с целью снижения издержек

Продолжение таблицы 1  
Table 1 (continuation)

Наименование технико-технологических средств глобальных мегатрендов	Экономические аспекты внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов
Информационная система модулей планирования и управления ресурсами предприятия (ERP — Enterprise Resource Planning и аналоги)	Системное (корпоративное) управление производственными ресурсами. Позволяет реализовать выработанную стратегию развития промышленного предприятия
Системы управления цепочками поставок (SCM-системы, Supply Chain Management)	Предоставляет возможность оперативного управления всеми звеньями цепочки создания добавленной стоимости промышленного продукта. Становится возможным тотальный контроль над производственными ресурсами, производимой, произведенной, проданной, требующей сервисного обслуживания, ремонта или утилизации уже отслужившей промышленной продукции, т. е. контроль на каждом этапе жизненного цикла промышленного изделия
Производственные исполнительные интеллектуальные информационные системы (MES — Manufacturing Execution System и аналоги)	Оперативное управление производственными ресурсами, оперативное планирование и диспетчеризация производства в целом, сбор и хранение оперативных данных, анализ производительности на уровне предприятия
Системы автоматизации цеховых процессов (SCADA — Supervisory Control And Data Acquisition, CAM — Computer Aided Manufacturing и их аналоги)	Позволяют управлять цеховыми процессами, осуществлять диспетчеризацию операционных цеховых процессов
Системы управления жизненным циклом промышленного продукта (PLC — Product Life Cycle, CALS — Continuous Acquisition and Lifecycle Support и аналоги)	Создают условия для развития системы сквозного планирования и управления в промышленности и анализа промышленности через открытые данные
Системы продажи и управления сервисом SSM, CRM	Создают условия для развития B2B и B2C торговых цифровых платформ
Децентрализованная система хранения информации (блокчейн)	Децентрализованная система хранения информации гибче, прозрачнее и надежнее, чем современное программное обеспечение, созданное с применением традиционных моделей. Прибыль (выгода) является основой успешного, надежного и перспективного децентрализованного управления
Аналитика больших данных (big data), а также средства моделирования и анализа производственных и бизнес-процессов планирования производства (CAPP-системы, Computer-Aided Process Planning), управления инженерными данными (PDM-системы, Product Data Management)	Снижение временных затрат на извлечение информации из огромного объема многообразных данных с низкой стоимостью операций по сбору, хранению и обработке. Высокая достоверность информации, позволяющая принимать эффективные управленческие решения
Информационная сеть предприятия. Управление знаниями и навыками на различных уровнях управления (KM-Knowledge Management)	Преобразование производственной и экономической информации в «базу практического опыта», в корпоративные знания с целью снижения производственных издержек, сопровождающих практику проб и ошибок
Аддитивные технологии и системы (3D-принтеры)	Снижение производственных издержек на изготовление форм для литья, композитных комплектующих

Продолжение таблицы 1  
Table 1 (continuation)

Экономические аспекты внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов	Экономические аспекты внедрения технико-технологических средств глобальных мегатрендов
Модули всеобщего управления качеством (TQM — Total Quality Management)	Обеспечение требуемого уровня качества промышленной продукции, работы персонала, производственных систем, систем управления
Искусственный интеллект (BPM — Business Performance Management)	Обеспечение процессов принятия управленческих решений (определение стратегических целей) Оценка эффективности деятельности предприятия. Экономическое планирование, моделирование, мониторинг и анализ ключевых показателей
Робототехнические системы и автоматы	Системы позволяют обеспечить моделирование ввода производственных объектов в эксплуатацию, провести анализ состояния ввода, устранить погрешности. Это в свою очередь приводит к снижению затрат на реальные мероприятия по вводу производственных объектов в эксплуатацию
Распределенные высокопроизводительные вычисления, облачные технологии	Создание условий для развития рынка облачных услуг, сервисов и инфраструктуры облачных технологий для внедрения в промышленности и других секторах экономики
Машинное обучение производственных процессов Интернета вещей (IoT, Internet of Things) и промышленного Интернета вещей (IIoT)	Создание условий для развития технологий математического моделирования в промышленности

Примечание. Разработано на основе [1; 2; 8–10].  
Note. Developed on the basis of [1; 2; 8–10].

сотрудничество, в рамках которого промышленные лидеры ищут дополнительные перспективы для общих интеграционных цифровых повесток, созданы совместные цифровые платформы с логотипами обеих стран (2015–2017 гг.). Среди государств Евросоюза приоритет в интеграции процессов цифровой трансформации принадлежит внешнеэкономическому партнерству Германии и Франции (2015 г.). Между Японией и Германией подписан Меморандум о взаимодействии в вопросах цифровизации экономики (2016 г.), содержащий аспекты безопасности киберфизических промышленных систем, стандартизации, использования совместных НИОКР, трансфера технологий и поддержки малых и средних предприятий стран. Китай, Израиль и Южная Корея также сотрудничают с Германией в рамках концепции «Индустрия 4.0» [20].

В связи с тем, что наличие, спрос и предложение технико-технологических средств изменяется во времени, производственные границы стран будут также со временем изменяться

и международная кооперация в рамках единого информационного пространства позволит эффективно координировать производственные интеграционные процессы что, вероятнее всего, приведет к экономическому росту и стабилизации глобальной производственной системы в целом.

Увеличение использования делового широкополосного Интернета на 30 % в среднем по ЕАЭС может к 2025 году привести к созданию от 2 до 4 млн новых рабочих мест, 1 млн из которых будет создан в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). До 2025 года возможно достижение прироста производительности труда до 1,73 %. Существует вероятность, что из-за оптимизации и роботизации производства, а также повышения эффективности труда, ряд работников будет выведен из экономики. Однако, в целом, воздействие на рынок труда будет положительным.

Устранение существующих нормативно-правовых барьеров в отношениях между государствами-членами ЕАЭС могут привести к росту ВВП на 46,5 млрд долларов США. Эффект от цифровиза-

ции государственных закупок на региональном уровне оценивается в 16,3 млрд долларов США. Предоставление услуг «открытого правительства» может позволить сэкономить 3,6 млрд, а внедрение трансграничных электронных услуг — еще 0,5 млрд. Таким образом, на основании проведенного анализа цифровой повестки ЕАЭС, можно сделать выводы о приоритетных направлениях реализации, об ожидаемом мультипликативном эффекте от цифровой трансформации в глобальном масштабе. Так, трансграничные потоки цифровых данных за период 2005–2014 гг. увеличились в 45 раз, что составило 2,8 трлн долларов США, а прирост мирового ВВП от этого процесса оказался выше, чем от мирового торгового оборота физическими товарами. Данная задача может быть решена только при условии углубления отраслевой интеграции в странах ЕАЭС, а также учета и реализации мировых тенденций в процессе инновационного преобразования промышленности и АПК, в которых цифровая трансформация является главным фактором устойчивого развития [24].

Таким образом, основные положения для формирования организационно-экономического

механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь можно рассмотреть в следующем контексте. С целью повышения конкурентоспособности обрабатывающей промышленности Республики Беларусь необходимо создать взаимодействующую систему институтов, образующих институциональную среду цифровой трансформации традиционных промышленных отраслей, способствующую строго направленным цифровым преобразованиям обрабатывающей промышленности (рис. 5).

В связи с предлагаемой институциональной моделью цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь необходимо четко определить стратегические векторы цифровой трансформации традиционных отраслей обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, ключевые целевые показатели, а также параметры эффективности цифровой трансформации промышленности. Это должно осуществляться согласно требованиям национальной промышленной политики, а в роли исполнителей должны выступать организации, подконтрольные единому государственному органу на уровне правительства.

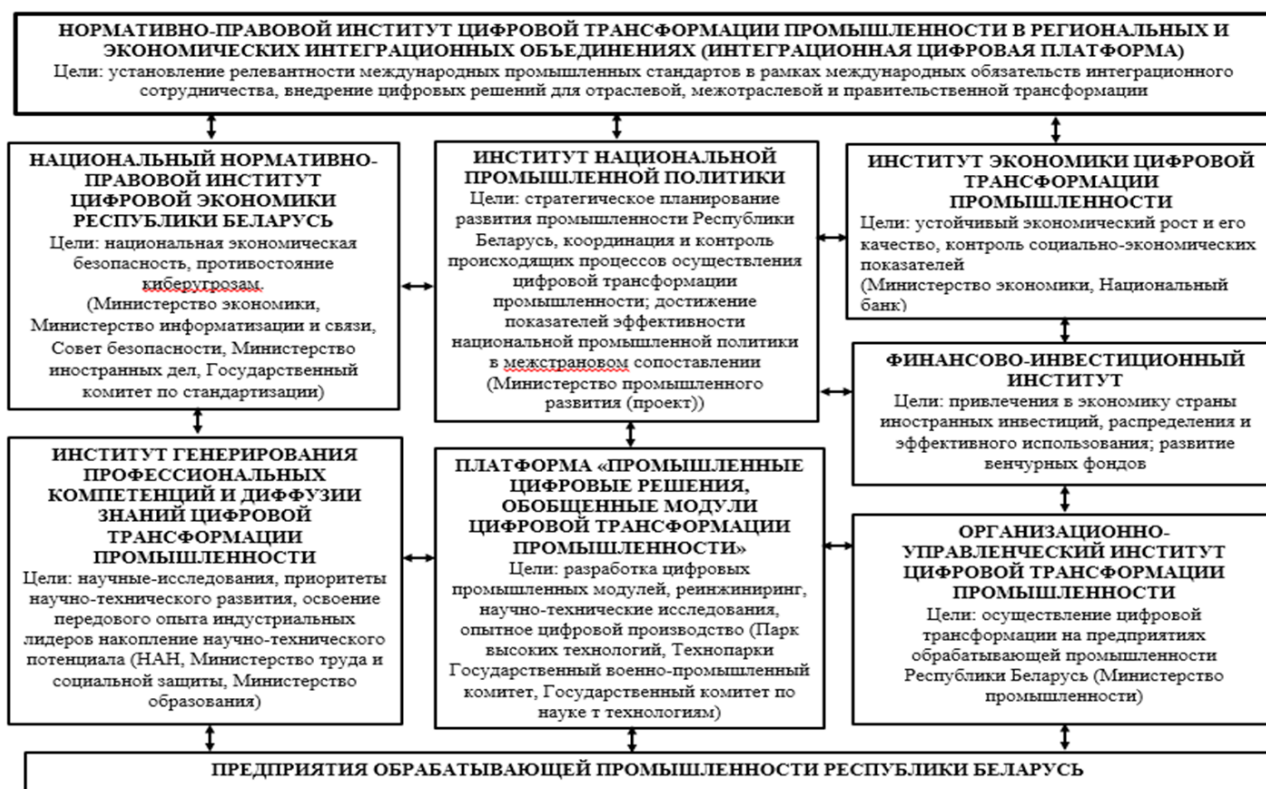


Рис. 5. Институциональная модель организационно-экономического механизма цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Примечание. Собственная разработка.

Fig. 5. Institutional model of organizational and economic mechanism of digital transformation of manufacturing industry of the Republic of Belarus

Note. Own development.



Формирование национальной цифровой политики должно проводиться на основании гармонизации международных цифровых производственных стандартов, преодоления существующих нормативно-правовых барьеров в отношениях между государствами-членами ЕАЭС и промышленной политикой Республики Беларусь, а также развития организационно-управленческого института, основа работы которого — циклическая система «цели — технико-технологические средства — результаты», а миссия — выполнение преобразовательной функции на базе преемственности лучших практик внедрения технико-технологических средств четвертой промышленной революции и разработки собственных, отвечающих требованиям глобальной цифровизации.

Для этого нужны эффективные инструменты формирования инвестиционного климата, а также наращивание объемов международной цифровой торговли, связанной со стремительной скоростью обращения цифрового капитала, которая приведет к возможности целевого финансирования промышленных цифровых проектов, а создание венчурной системы финансирования цифровых преобразований и обеспечения позволит привлечь в традиционные промышленные отрасли Республики Беларусь иностранные инвестиции при их оптимальном распределении. Потребуется совершенствование институциональных финансово-инвестиционных инструментов, поскольку при существующем национальном законодательстве в данном аспекте приемы и методы определения приоритетов инвестирования четко не прописаны, как и критерии отбора ин-

вестиционных проектов с точки зрения их влияния на формирование мощных цепочек создания добавленной стоимости, а также консолидации компетенций в отраслях промышленности.

Возможные решения в области совершенствования инструментов создания и стимулирования потока приращения цифровых компетенций и генерирования новых инженерных знаний также неразрывно связаны с инструментами инвестирования.

**Заключение.** Идея «Индустрии 4.0» (Германия, 2011 г.) — это консолидирующая глобальная концепция, объединяющая в себе программы промышленного развития. Данный подход реализуется во многих национальных программах с учетом исторических, политических, социально-экономических, экологических, культурных и иных особенностей развития экосистемы цифровой экономики.

С целью повышения конкурентоспособности национальной экономики предложена институциональная модель цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь, в контексте которой первоочередное значение приобретает формирование институциональной среды, способствующей цифровой трансформации обрабатывающей промышленности и масштабному внедрению технико-технологических средств четвертой промышленной революции в управление и организацию производственных процессов.

Необходимо также подчеркнуть, что при развитии цифровой трансформации обрабатывающей промышленности в странах интеграционного сообщества происходит объединение цифровых пространств отдельных государств в единое цифровое пространство.

## Список литературы

1. Шваб, К. М. Четвертая промышленная революция / К. М. Шваб. — М.: Эксмо, 2016. — 317 с.
2. Анализ мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств-членов Евразийского экономического союза, Евразийская экономическая комиссия Департамент промышленной политики. Информационно-аналитический отчет [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom\\_i\\_agroprom/dep\\_prom/SiteAssets/%2013.02.2017.pdf](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/SiteAssets/%2013.02.2017.pdf). — Дата доступа: 10.01.2019.
3. Глазьев, С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С. Ю. Глазьев. — М.: ВладДар, 1993. — С. 61–126.
4. Глазьев, С. Ю. Стратегия опережающего развития и интеграции на основе становления шестого технологического уклада / С. Ю. Глазьев // Партнерство цивилизаций. — 2013. — №5. — С. 195–232.
5. Байнев, В. Ф. Индустриальная революция в «постиндустриальном пространстве» / В. Ф. Байнев // Белорусская думка. — 2017. — № 5. — С. 58–63.
6. Нехорошева, Л. Н. Глобальные вызовы в контексте четвертой промышленной революции: новые требования к национальной экономике и угроза возникновения «технологической пропасти» / Л. Н. Нехорошева // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы: сб. науч. ст. в 4 ч., НАН РБ, Институт экономики НАН Беларуси; редкол.: В. И. Бельский [и др.]. — Минск, 2017. — Ч 4. — С. 220.
7. Зубрицкая, И. А. Цифровая трансформация промышленных предприятий Республики Беларусь: экономическое содержание, виды и цели / И. А. Зубрицкая // Цифровая трансформация. — 2018. — №3(4). — С. 5–13.
8. Государственная программа развития цифровой экономики и информационного общества на 2016–2020 годы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://new.economy.gov.by/ru/gp\\_digit-ru](http://new.economy.gov.by/ru/gp_digit-ru). — Дата доступа: 21.03.2019.

9. Global Digital Operations 2018 Survey [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.strategyand.pwc.com/industry4-0>. – Date of access: 23.03.2019.
10. «Индустрия 4.0»: создание цифрового предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global\\_industry-2016\\_rus.pdf](https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf). – Дата доступа: 23.03.2019.
11. Advanced Manufacturing Partnership [Electronic resource]. – Mode of access: <http://iepd.iipnetwork.org/policy/advanced-manufacturing-partnership>. – Date of access: 23.03.2019.
12. Industrial Internet Consortium [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.iiconsortium.org/press-room/01-31-19.htm>. – Date of access: 16.03.2019.
13. Лешакова, М. Н. Государственное регулирование инновационного развития Республики Корея / М. Н. Лешакова // Вопросы инновационной экономики: научно-практический журнал. – 2017. – №2. – С.161–172.
14. Smart Japan IST Strategy // Ministry of Internal Affairs and communications [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000301884.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000301884.pdf). – Date of access: 16.03.2019.
15. Report on the 5th Science and Technology Basic Plan (December 18, 2015) // Council for Science, Technology and Innovation Cabinet Office, Government of Japan [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan\\_en.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan_en.pdf). – Date of access: 16.03.2019.
16. Сделано в Китае – 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://baike.baidu.com>. – Дата доступа: 24.03.2019.
17. Ван, Чао. Современная экономика Китая / Чао Ван, С. С. Полоник. – Минск: Право и экономика, 2016. – 155 с.
18. Industry development strategy of Vietnam to 2025, vision to 2035 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://asemconnectvietnam.gov.vn/default.aspx?ID1=2&ZID1=14&ID8=27556>. – Date of access: 06.02.2019.
19. Цифровая экономика, Business Europe, [Digital Economy, Business Europe, 2015] [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.businesseurope.eu/policies/digital-economy>. – Дата доступа: 07.01.2019.
20. Цифровая трансформация, Европейская комиссия, [Digital transformation, European Commission] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/digital-economy/importance\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/digital-economy/importance_en). – Дата доступа: 07.01.2019.
21. Digitising European Industry / / European Commission. – Mode of access: <http://asemconnectvietnam.gov.vn/default.aspx?ID1=2&ZID1=14&ID8=27556>. – Date of access: 06.02.2019.
22. Бюджет ЕС: Комиссия предлагает €9,2 млрд инвестиций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-4043\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-4043_en.htm). – Дата доступа: 24.03.2019.
23. UK Digital Strategy / GOV.UK [Electronic resource]. Mode of access: <https://www.gov.uk/government/publications/uk-digital-strategy>. – Date of access: 24.03.2019.
24. Цифровая повестка Евразийского экономического союза до 2025 года: перспективы и рекомендации Обзор [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/SiteAssets/Обзор%20ВБ.pdf>. – Дата доступа: 24.03.2019.
25. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 // ГАРАНТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/#ixzz5eIHNT30Db>. – Дата доступа: 05.02.2019.
26. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 июля 2017 года, №1632-р // Правительство РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>. – Дата доступа: 05.02.2019.
27. Об утверждении Государственной программы «Цифровой Казахстан»: постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827 // Информационно-правовая система Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000827>. – Дата доступа: 05.02.2019.
28. Отчет о влиянии внедрения технико-технологических средств концепции «Индустрия 4.0» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com>. – Дата доступа: 05.02.2019.

## References

1. Shvab K. M. Chetvertaia promyshlennaiia revoliutsiia [The Fourth industrial revolution]. М.: Eksmo, 2016. 317 p. (in Russian).
2. Analiz mirovogo opyta razvitiia promyshlennosti i podkhodov k tsifrovoi transformatsii promyshlennosti gosudarstvenov Evraziiskogo ekonomicheskogo soiuz, Evraziiskaia ekonomicheskaiia komissiia Departament promyshlennoi politiki. Informatsionno-analiticheskii otchet [Analysis of the world experience of industry development and approaches to digital transformation of industry of the member States of the Eurasian economic Union, the Eurasian economic Commission Department of industrial policy. Information and analytical report]. Available at: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom\\_i\\_agroprom/dep\\_prom/SiteAssets/2013.02.2017.pdf](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/SiteAssets/2013.02.2017.pdf) (accessed: 23.03.2019) (in Russian).
3. Glazev C. Iu. Teoriia dolgosrochnogo tekhniko-ekonomicheskogo razvitiia [Theory of the long-term techno-economic development]. М.: Vladar, 1993, pp. 61–126 (in Russian).
4. Glazev C. Iu. Strategy of priority development and integration on the basis of the formation of the sixth technological order. Partnerstvo civilizaci [Partnership of civilizations]. 2013, no. 5, pp. 195–232. (in Russian).
5. Bainev V. F. The Industrial revolution in the "post-industrial space" Belaruskaya Dumka [Belarusian Dumka], 2017, no. 5, pp. 58–63 (in Russian).

6. Nekhorosheva L. N. Global challenges in the context of the fourth industrial revolution: new demands on national economies and the threat of a "technological divide". Strategija razvitiia jekonomiki Belarusi: vyzovy, instrumenty realizacii i perspektivy [Strategy of development economy of Belarus: challenges, enablers and prospects]. Minsk, 2017, Ch. 4. P. 220.
7. Zubritskaia I. A. Digital transformation of industrial enterprises of the Republic of Belarus: economic content, types and goals. Cifrovaja transformacija [Digital transformation], 2018, 3 (4), pp.5–13 (in Russian).
8. Gosudarstvennaia programma razvitiia tsifrovoi ekonomiki i informatsionnogo obshchestva na 2016–2020 gody [State program for the development of the digital economy and information society for 2016–2020.]. Available at: [http://new.economy.gov.by/ru/gp\\_digit-ru](http://new.economy.gov.by/ru/gp_digit-ru) (accessed: 21.03.2019) (in Russian).
9. Global Digital Operations 2018 Survey. Available at: <https://www.strategyand.pwc.com/industry4-0> (accessed: 16.03.2019).
10. "Industriia 4.0": sozdanie tsifrovogo predpriatiia ["Industry 4.0": creation of a digital enterprise]. Available at: [https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global\\_industry-2016\\_rus.pdf](https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf) (accessed: 21.03.2019) (in Russian).
11. Advanced Manufacturing Partnership. Available at: <http://iepd.iipnetwork.org/policy/advanced-manufacturing-partnership> (accessed: 23.03.2019).
12. Industrial Internet Consortium. Available at: <https://www.iiconsortium.org/press-room/01-31-19.htm> (accessed 16.03.2019).
13. Leshakova, M. N. State regulation of innovative development of the Republic of Korea Voprosy innovatsionnoi ekonomiki [Issues of innovation Economics], 2017, no. 2, pp. 161–172 (in Russian).
14. Smart Japan IST Strategy. Ministry of Internal Affairs and communications. Available at: [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000301884.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000301884.pdf) (accessed: 16.03.2019).
15. Report on the 5th Science and Technology Basic Plan (December 18, 2015). Council for Science, Technology and Innovation Cabinet Office, Government of Japan. Available at: [https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan\\_en.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5basicplan_en.pdf) (accessed: 16.03.2019).
16. Sdelano v Kitae – 2025 [Made in China-2025]. Available at: <https://baike.baidu.com> (accessed: 24.03.2019) (in Chinese).
17. Van, Chao. Sovremennaiia ekonomika Kitaia [The modern economy of China], Minsk: Pravo i ekonomika, 2016. 155 p. (in Russian).
18. Industry development strategy of Vietnam to 2025, vision to 2035 Available at: <http://asemconnectvietnam.gov.vn/default.aspx?ID1=2&ZID1=14&ID8=27556>. (accessed: 16.03.2019).
19. Tsifrovaia ekonomika, Business Europe, 2015 [Digital Economy, Business Europe, 2015]. Available at: <https://www.businesseurope.eu/policies/digital-economy> (accessed: 07.01.2019) (in Russian).
20. Tsifrovaia transformatsiia, Evropeiskaia komissiia, [Digital transformation, European Commission]. Available at: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/digital-economy/importance\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/digital-economy/importance_en) (accessed: 07.01.2019) (in Russian).
21. Digitising European Industry. European Commission. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/digitising-european-industry> (accessed: 06.02.2019).
22. Biudzhets ES: Komissiia predlagaet €9,2 mlrd investitsii [EU budget: the Commission offers €9.2 billion of investment]. Available at: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-4043\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-4043_en.htm) (accessed: 24.03.2019) (in Russian).
23. UK Digital Strategy. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/uk-digital-strategy> (accessed: 24.03.2019).
24. Tsifrovaia povestka Evraziiskogo ekonomicheskogo soiuzha do 2025 goda: perspektivy i rekomendatsii Obzor [Digital agenda of the Eurasian economic Union until 2025: prospects and recommendations Review]. Available at: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/SiteAssets/Obzor%20VB.pdf> (accessed: 24.03.2019) (in Russian).
25. O Strategii razvitiia informatsionnogo obshchestva v Rossiiskoi Federatsii na 2017–2030 gody: Ukaz Prezidenta RF ot 9 maia 2017 g. № 203 [On the Strategy of development of the information society in the Russian Federation for 2017–2030]. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/#ixzz5elHT30Db> (accessed: 05.02.2019) (in Russian).
26. Programma «Tsifrovaia ekonomika Rossiiskoi Federatsii»: utverzhdena rasporyazheniem Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 27 iuliia 2017 goda [The program "Digital economy of the Russian Federation": approved by the order of the Government of the Russian Federation of July 27, 2017]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>. (accessed: 05.02.2019) (in Russian).
27. Ob utverzhdenii Gosudarstvennoi programmy «Tsifrovoi Kazakhstan»: postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 12 dekabria 2017 goda № 827 [About the approval of the state program "Digital Kazakhstan": the Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan of December 12, 2017 № 827]. Available at: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000827> (accessed: 05.02.2019) (in Russian).
28. Otchet o vliianii vnedreniia tekhniko-tekhnologicheskikh sredstv kontseptsii «Industriia 4.0» [Report on the impact of the introduction of technical and technological means of the concept "Industry 4.0"]. Available at: <https://www.mckinsey.com> (accessed: 05.02.2019) (in Russian).

*Received: 25.03.2019*

*Поступила: 25.03.2019*

## Опыт смешанного обучения основам цифровой электроники ГГУ им. Ф. Скорины

**М. С. Долинский**, к. т. н., доцент кафедры математических проблем управления и информатики

E-mail: [dolinsky@gsu.by](mailto:dolinsky@gsu.by)

УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», ул. Советская, д. 104, 246019, г. Гомель, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье рассматривается практический опыт смешанного обучения студентов основам цифровой электроники на базе использования инструментальной системы дистанционного обучения DL.GSU.BY, разработанной в ГГУ им. Ф. Скорины. Описываются специализированные средства проектирования, моделирования, отладки и исследования устройств цифровой электроники, разработанные специально для обучения основам цифровой электроники.

**Ключевые слова:** смешанное обучение; основы цифровой электроники; инструментальная система дистанционного обучения

**Для цитирования:** Долинский, М. С. Опыт смешанного обучения основам цифровой электроники ГГУ им. Ф. Скорины / М. С. Долинский // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1 (6). – С. 36–42. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-36-42>



© Цифровая трансформация, 2019

## Experience of Blended Learning in the Basics of Digital Electronics

**M. S. Dolinsky**, Candidate of Sciences (Technology), Associate Professor of the Department of the Mathematical Problems of Control and Informatics

E-mail: [dolinsky@gsu.by](mailto:dolinsky@gsu.by)

Francisk Skorina Gomel State University, 104 Sovetskaya Str., 246019 Gomel, Republic of Belarus

**Abstract.** The article considers the practical experience of blended learning of students in the basics of digital electronics based on the use of the instrumental distance learning system DL.GSU.BY developed at the Francisk Skorina Gomel State University. There are described specialized tools for designing, modeling, debugging, and researching digital electronics devices developed specifically for learning the basics of digital electronics.

**Key words:** mixed training; programming; instrumental distance learning system

**For citation:** Dolinsky M. S. Experience of Blended Learning in the Basics of Digital Electronics. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 1 (6), pp. 36–42 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-36-42>

© Digital Transformation, 2019

**Введение.** В работах [1; 2] обосновывается необходимость перехода к новым формам обучения в вузах, в том числе, к смешанному (blended) обучению, интегрирующему традиционные подходы с онлайн обучением. В работе [3] представлен авторский опыт смешанного обучения первокурсников основам программирования. Данная работа представляет многолетний опыт такого смешанного обучения основам цифровой электроники студентов факультета математики и технологий программирования Гомельского государственного уни-

верситета им. Ф. Скорины, обучающихся на специальностях «Программное обеспечение информационных технологий», «Информатика и технологии программирования», «Прикладная математика (научно-производственная деятельность)» в рамках изучения дисциплины «Организация и функционирование ЭВМ». Технической основой предлагаемой методики обучения является разрабатываемая с 1999 года под руководством автора инструментальная система дистанционного обучения DL (<http://dl.gsu.by>) [4; 5].

**Основная часть.** Методики смешанного обучения основам цифровой электроники и основам программирования имеют общую техническую основу, а также много схожих черт в технологии обучения. Основные сходства следующие:

**1. Лекционные занятия.** Проведение лекционных занятий с использованием компьютера, мультимедийного оборудования, персональных компьютеров студентов и беспроводного доступа к сети университета, обеспечивающих индивидуальную работу с теорией, индивидуальный переход к практике, повторное объяснение материала отдельным группам студентов, активизация работы на лекции, автоматизированное персонализированное обучение, а также использование форума предмета во время лекции.

**2. Практические занятия.** Еженедельные контрольные работы с автоматической проверкой решений, автоматизированное обучение основам цифровой электроники на основе системы интерактивных заданий, контрольные срезы (принципиальным образом влияющие на оценку по предмету).

**3. Самостоятельная работа.** Индивидуальные и обучающие задания в широком диапазоне сложности.

**4. Автоматизация оценивания.** Автоматически формируемая ведомость оценивания доступна студентам с первого до последнего дня

занятий и включает следующие оцениваемые компоненты учебной деятельности: контроль теории, контроль практики, обучение, индивидуальные задания, новые задачи.

**5. Автоматизированная система учета пропусков и их отработок.** Обеспечивает возможность регулярной удаленной отработки студентами пропущенных занятий с выполнением полезных обучающих или контролирующих заданий.

Основные сходства методик подробно описаны в другой статье [3]. Цель данной работы ознакомить с особенностями смешанного обучения студентов основам цифровой электроники, вызванные содержанием предмета и наличием специальных компьютерных средств обучения, разработанных под руководством автора.

**Специализированные компьютерные средства обучения.**

**Программная система HLCCAD (High Level Chip Computer-Aided Design),** которая предназначена для эффективной разработки аппаратного обеспечения функционально-сложных цифровых систем. С системой HLCCAD можно ознакомиться по ссылке <http://newit.gsu.by/ru/hlccad> [6].

Система HLCCAD позволяет нарисовать функциональную схему цифрового устройства, состоящего из стандартных цифровых элементов: логических элементов AND, OR, XOR, NOT; дешифраторов, шифраторов, мультиплексоров, сумматоров, триггеров, регистров, ОЗУ и ПЗУ, а также ранее

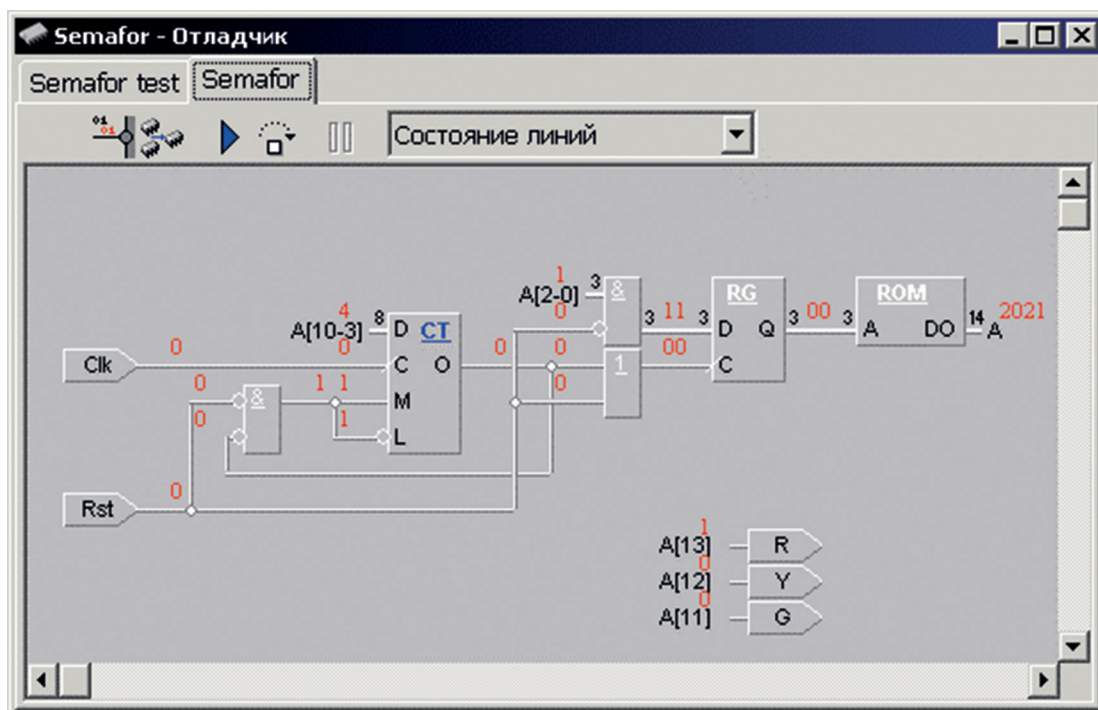


Рис 1. Отладка цифровых схем  
Fig. 1. Debugging digital circuits

созданных цифровых устройств. Затем система запускает моделирование с целью поиска и устранения ошибок в разработанной функциональной схеме. Входные воздействия на схему могут задавать как интерактивно, так и из файла.

**Тестирующая система, интегрированная с сайтом DL.GSU.BY**, обеспечивающая: прием на проверку файлов с разработанными и отлаженными студентами функциональными схемами цифровых устройств; проверку полученных схем, на подготовленных автором задачи тестах, в течение нескольких минут; выдачу студенту результатов проверки и, в случае обнаружения ошибки, соответствующего теста, обнаружившего ошибку в данной схеме. Использование секретных тестов для проверки, которые не отдаются студентам для исключения возможности обмана автоматизированной системы проверки схемами вида «если вход такой, ответ такой».

**WEB-система для глубокого контроля знаний** студентов по алгоритмам функционирования цифровых систем (рис. 2).

Для контроля знаний студенту предьявляется схема и случайная последовательность входных воздействий. Он должен, разобравшись как работает схема вычислить значения на выходах для заданных входов. Такие входные тестовые воздействия подаются 10 раз. По полученным данным формируется тестовый файл, который отсылается на сервер, где он моделируется системой HLCCAD совместно с предьявленной схемой. Если все ответы студента совпали

с ответами, которые были получены системой моделирования, задание считается выполненным, в обратном случае задание не принимается, а студенту сообщается о его ошибках для последующего анализа.

**Программная система Winter** (<http://newit.gsu.by/ru/winter/> [6]), которая предназначена для разработки и отладки ассемблерных программ (рис. 3.)

Система Winter позволяет набирать, редактировать, исполнять и отлаживать ассемблерные программы, наблюдая во время выполнения значения в регистрах и переменных. Имеется возможность интерактивно менять значения переменных и регистров. Обеспечена возможность считывания входных данных из заранее подготовленных тестовых файлов.

**Тестирующая система, интегрированная с сайтом DL.GSU.BY**, обеспечивающая: прием на проверку файлов с разработанными и отлаженными студентами ассемблерными программами; проверку полученных программ, на подготовленных автором задачи тестах, в течение нескольких минут; выдачу студенту результатов проверки; и, в случае обнаружения ошибки, соответствующего теста, обнаружившего ошибку в данной программе. Использование секретных тестов для проверки, которые не отдаются студентам для исключения возможности обмана автоматизированной системы проверки программами вида «если вход такой, ответ такой».

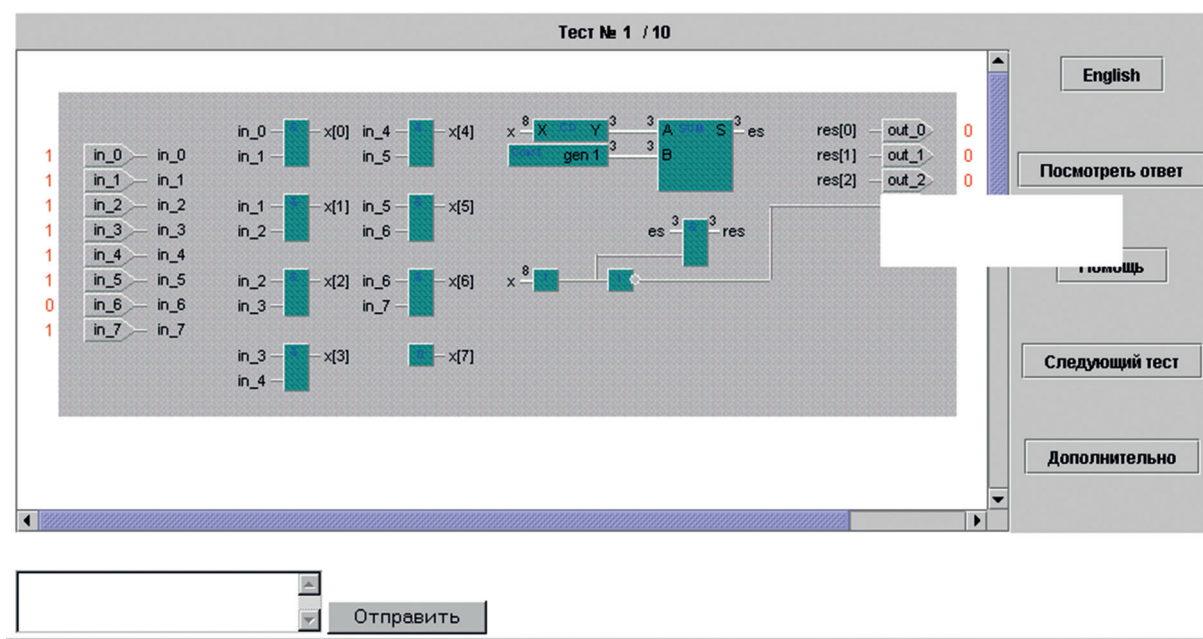


Рис. 2. Контроль знаний цифровых схем  
Fig. 2. Control of knowledge of digital circuits

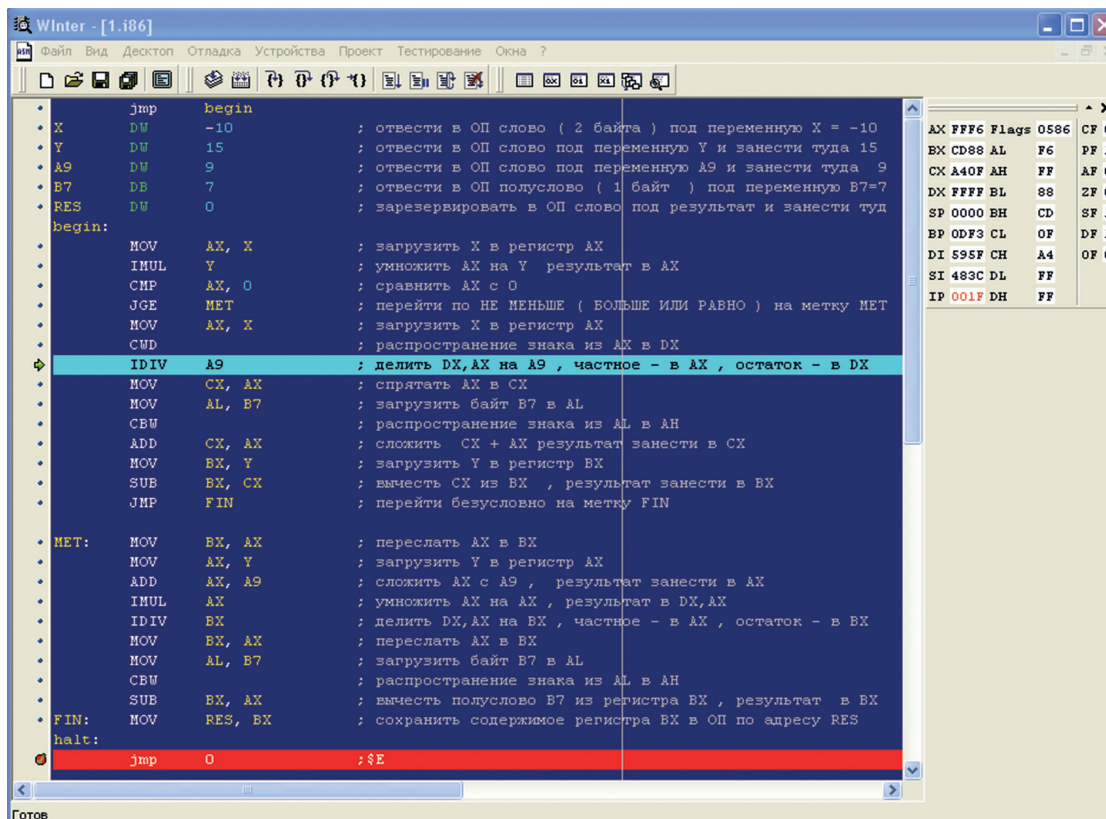


Рис. 3. Отладка ассемблерных программ  
Fig. 3. Debugging of assembler programs

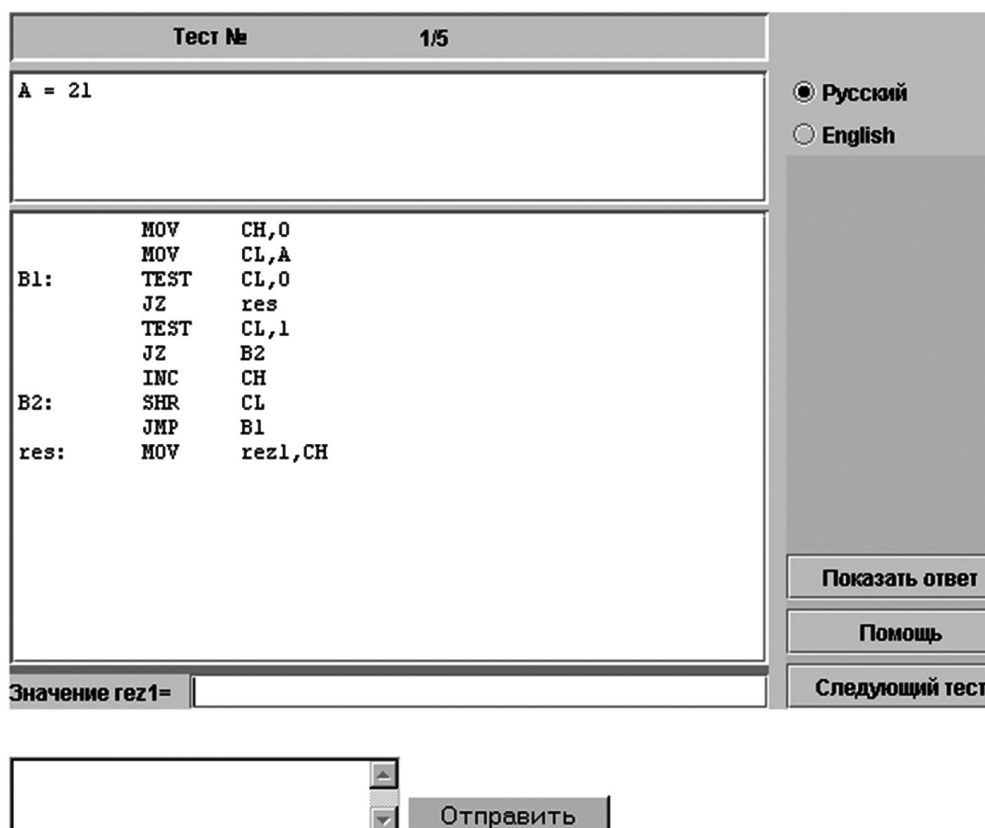


Рис. 4. Контроль знаний ассемблерных программ  
Fig. 4. Control of knowledge of assembler programs

**WEB-система для глубокого контроля знаний** студентов по алгоритмам функционирования ассемблерных программ (рис. 4).

Студенту предъявляется программа и случайные значения входных переменных. Он должен, разобравшись как работает программа, вычислить значения для выходных переменных. Такие тестовые воздействия подаются 5 раз. По полученным данным формируется тестовый файл, затем он отсылается на сервер, где моделируется системой WINTER совместно с предъявленной программой. Если все ответы студента совпали с ответами, которые были получены системой моделирования, задание считается выполненным, иначе – задание не принимается, а студенту сообщается о его ошибках для последующего анализа.

**Конструктор интерактивных флеш-заданий** [7]. Имеется набор элементов, из которых конструируются задания. Конструктивные элементы делятся на две группы – активные и пассивные. Активные элементы обеспечивают взаимодействие с обучаемым с помощью мыши и / или клавиатуры. Пассивные элементы служат для оформления задания, а для его формирования разработчик использует «Конструктор заданий».

Результат работы — сохраняемый на диске текстовый файл, описывающий задание. Для выполнения заданий используется «Плейер». Он считывает созданный в «Конструкторе» текстовый файл и обеспечивает отображение задания пользователю и взаимодействие с ним в процессе выполнения задания. Когда задание выполнено правильно, «Плейер» оповещает об этом пользователя. Если задание интегрировано в DL, информация о правильности выполнения задания пользователем также передается в систему DL.

На рис. 5 приведен пример интерактивного задания, созданного с помощью Конструктора. В этом задании для мнемонической минимизации булевой функции, единичные значения которой перенесены из таблицы в Карту Карно, требуется покрыть все единички минимальным количеством кораблей максимальной площади (равной степени двойки). При этом необходимо учитывать «склейки Карты Карно» по верхней и нижней, левой и правой границам. Студент в соответствующем WEB-задании должен выбрать нужный прямоугольник (или его половинки — верхнюю/нижнюю, левую/правую), повернуть если требуется и наложить на нужную область карты Карно. В случае, если задание

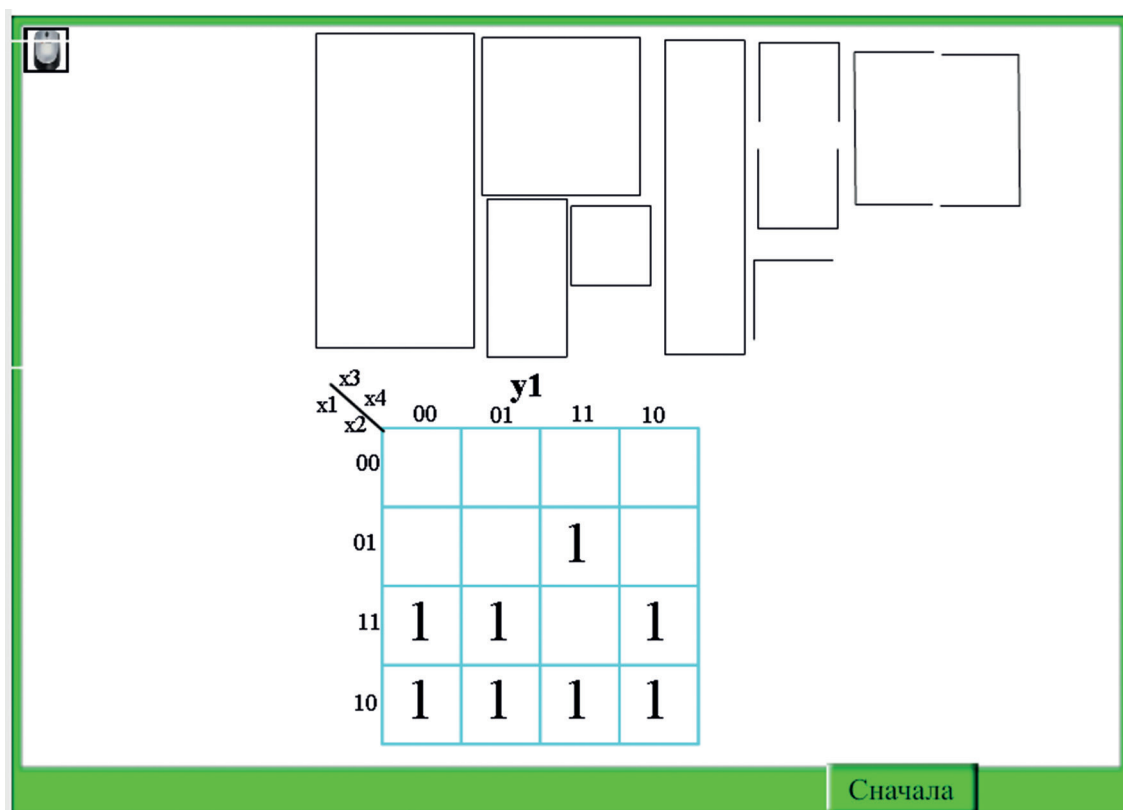


Рис. 5. Покрытие карт Карно  
Fig. 5. Karnaugh maps



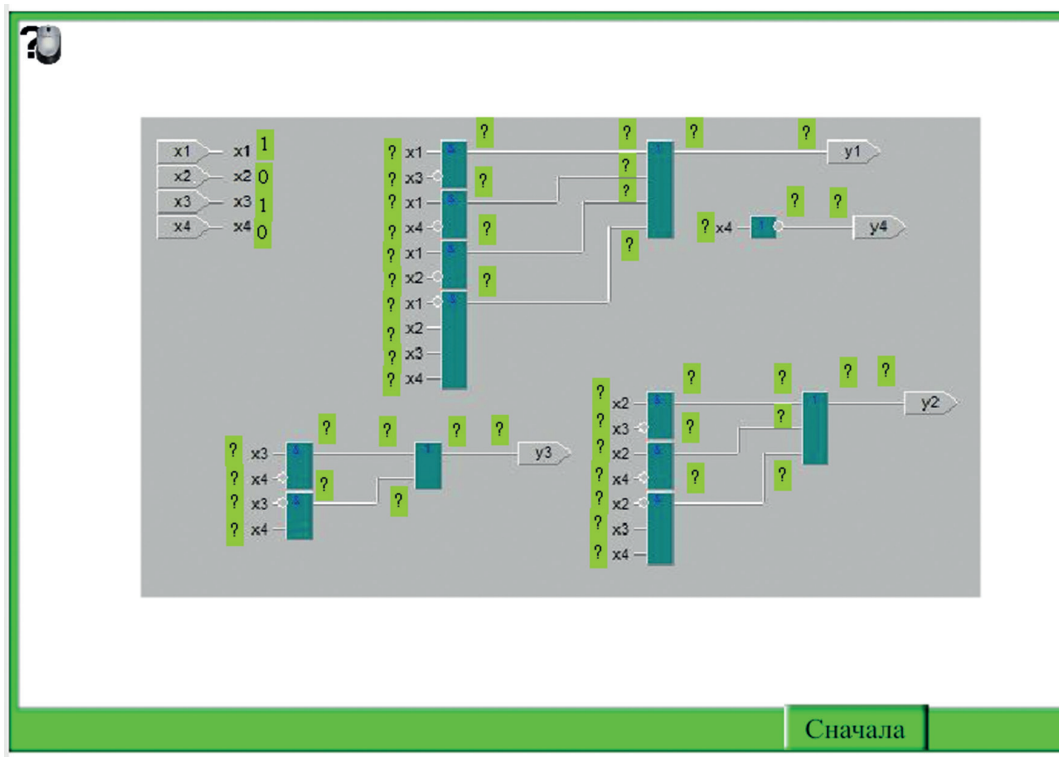


Рис. 6. Просчитать значения на всех контактах схемы  
 Fig. 6. To calculate the values on all the contacts of schema

**Найти ошибки в программе!**

```

res=(a+b)/c-b, размерность: a,b,res-16, c-8
        jmp     begin
a        db
b        dw
c        db
res      dw
begin
        mov     ax,a
        add     ax,b
        idiv   a
        cbw
        mov     bx,b
        add     ax,bx
        mov     res1,ax
ends:
        jmp     ends ; $E
  
```

Рис. 7. Указать ошибки в программе  
 Fig. 7. To indicate errors in the program

выполнено правильно, у студентов на экране появляется соответствующий сигнал (огромная зеленая галочка).

На рис. 6 представлено задание, в котором проверяется умение студентов читать

и понимать функциональную схему цифрового устройства. Для его выполнения нужно для заданных входных значений просчитать значения на всех контактах схемы и заменить ими все знаки вопроса.

На рис. 7 представлено задание, в котором нужно найти ошибки в ассемблерной программе и кликнуть по месту с ошибкой. Если место найдено верно, точка клика обводится кружочком.

**Заключение.** В данной статье изложен опыт смешанного обучения основам цифровой электроники студентов факультета математики и технологий программирования Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины, обучающихся на специальностях «Программное обеспечение информационных технологий», «Информатика и технологии программирования», «Прикладная математика (научно-производственная деятельность)» в рамках изучения дисциплин «Организация и функционирование ЭВМ». Технической основой предлагаемой методики обучения является инструментальная система дистанционного обучения DL, а также созданные под руководством автора специализированные сред-

ства проектирования, моделирования, отладки и исследования устройств цифровой электроники.

Каждое из разработанных средств повышает эффективность обучения основам цифровой электроники:

1. Удобные интерактивные средства разработки цифровых устройств и программ обеспечивают эффективное закрепление изученного теоретического материала на практике.

2. Быстрая автоматизированная проверка решений, с одной стороны, гарантирует объективность проверки знаний, умений и навыков студента, а с другой стороны, сильно мотивирует к интенсификации процесса обучения.

3. Конструктор флеш-заданий позволил создать наглядные обучающие упражнения по всем темам изучаемого предмета, обеспечивающие продуктивное обучение студентов с различными уровнями подготовки и мотивации.

## Список литературы

1. Курбацкий, А. Н. IT-образование в условиях цифровой трансформации / А. Н. Курбацкий, Ю. И. Воротницкий // Цифровая трансформация. – 2017. – № 1. – С. 7–12.
2. Ковалев, М. М. Образование для цифровой экономики / М. М. Ковалев // Цифровая трансформация. – 2018. – № 1. – С. 37–42.
3. Долинский, М. С. Об опыте смешанного обучения основам программирования на факультете математики и технологий программирования ГГУ им. Ф. Скорины / М. С. Долинский // Цифровая трансформация. – 2018. – № 3 (4). – С. 53–58.
4. Долинский, М. С. Гомельская инструментальная система дистанционного обучения / М. С. Долинский, М. А. Кугейко // Информатика и образование. – 2010. – № 11. – С. 69–74.
5. Долинский, М. С. Использование инструментальной системы дистанционного обучения в учебном процессе ВУЗа / М. С. Долинский, М. А. Кугейко // Педагогическая информатика. – 2010. – №2. – С. 30–34.
6. Долинский, М. С. Использование новых информационных технологий при обучении проектированию цифровых систем и программированию / М. С. Долинский, М. А. Кугейко // Электроника-инфо. – 2010. – № 4. – С. 10–13.
7. Долинский, М. С. Конструктор интерактивных флеш-заданий и его применение / М. С. Долинский, Ю. В. Решетько // Электроника-инфо. – 2013. – № 10. – С. 56–63.

## References

1. Kurbackij A. N., Vorotnickij Y. I. IT-education under Conditions of Digital Transformation. Cifrovaja transformacija [Digital Transformation], 2017, № 1, pp. 7–12 (In Russian).
2. Kovalev M. M. Education for the digital economy. Cifrovaja transformacija [Digital Transformation], 2018, № 1, pp. 37–42 (In Russian).
3. Dolinsky M. S. On the Experience of Blended Learning in the Basics of Programming at the Faculty of Mathematics and Programming Technologies of the Fr. Skoryna GSU. Cifrovaja transformacija [Digital transformation], 2018, 3 (4), pp. 53–58 (in Russian).
4. Dolinsky M. S., Kugeiko M. A. Gomel Instrumental System of Distance Learning. Informatizacija obrazovanija [Informatics and Education], 2010, № 11, pp. 69–74 (In Russian).
5. Dolinsky M. S., Kugeiko M. A. Using the instrumental system of distance learning in the educational process of the university. Pedagogicheskaja informatika [Pedagogical Informatics], 2010, №2, pp. 30–34 (In Russian).
6. Dolinsky M. S., Kugeiko M. A. Using of the new information technologies when teaching for digital system design and programming. Jelektronika-info [Electronics-info], 2010, № 4, pp. 10–13 (In Russian).
7. Dolinsky M. S., Reshetko Y. V. Constructor of interactive flash-assignments and it application. Jelektronika-info [Electronics-info], 2013, № 10, pp. 56–63 (In Russian).

Received: 21.01.2019

Поступила: 21.01.2019

## Модель автоматической классификации и локализации образов

**Л. В. Серебряная**, к. т. н., доцент, доцент кафедры ПОИТ

E-mail: l\_silver@mail.ru

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», ул. П. Бровки, д. 6, 220013, г. Минск, Республика Беларусь

**К. Ю. Бочкарев**, магистрант кафедры ИТАС

E-mail: axe777@inbox.ru

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», ул. П. Бровки, д. 6, 220013, г. Минск, Республика Беларусь

**А. Я. Попитич**, магистр технических наук

E-mail: sasha.popitich@outlook.com

**Аннотация.** Работа посвящена идентификации образов на изображениях, которая выполняется в результате процедур классификации и локализации. Анализ моделей, методов и алгоритмов показал, что для решения поставленной задачи предпочтительно применять машинное обучение, искусственную нейронную сеть и генетический алгоритм. Предложена архитектура сверточной искусственной нейронной сети, позволяющая решать как задачу классификации, так и задачу локализации образов. Сначала сеть обучается, затем для изображения, подаваемого на ее вход, определяется класс. На заключительном этапе работы сверточной нейронной сети выполняется локализация объектов на изображении. Для этого анализируются выходные значения предпоследнего слоя модели, после чего происходит обход слоев в обратном порядке. Его цель – нахождение на исходном изображении регионов с наибольшим откликом. Комбинированная модель показала приемлемые результаты как по классификации, так и по локализации объектов. Все параметры для работы сети определяются автоматически с помощью генетического алгоритма. Дальнейшее улучшение работы предложенной модели связано с реализацией на ней распределенных вычислений.

**Ключевые слова:** идентификация; классификация; локализация; модель искусственной нейронной сети; генетический алгоритм

**Для цитирования:** Серебряная, Л. В. Модель автоматической классификации и локализации образов / Л. В. Серебряная, К. Ю. Бочкарев, А. Я. Попитич // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1 (6). – С. 43–48. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-43-48>



© Цифровая трансформация, 2019

## Model of Automatic Classification and Localization of Images

**L. V. Serebryanaya**, Candidate of Science (Technology), Associate Professor, Associate Professor of the Department "Software of Information Technologies"

E-mail: l\_silver@mail.ru

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 6 P. Brovka Str., 220013 Minsk, Republic of Belarus

**K. Y. Bochkarev**, Undergraduate Student of the Department "Information Technologies of Automated Systems"

E-mail: axe777@inbox.ru

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 6 P. Brovka Str., 220013 Minsk, Republic of Belarus

**A. Y. Popitich**, Master of Technical Sciences

E-mail: sasha.popitich@outlook.com

**Abstract.** The work is devoted to the identification of images in pictures, which is performed as a result of the classification and localization procedures. Analysis of models, methods and algorithms has shown that for solving the set task it is preferable to use machine learning, an artificial neural network and a genetic algorithm. The architecture of a convolutional artificial neural network is proposed. It can solve both the problem of classification and the problem of localizing images. First the network is trained, then a class is determined for the image fed to its input. Objects are localized in the image at the final stage of operations of the convolutional neural network. For this, the output values of the penultimate layer of the model are analyzed, after which the layers are traversed in the reverse order. Its goal is to find the regions with the highest response on the source image. The combined model showed acceptable results both in classification and in localization of objects. All parameters for the network are determined automatically using a genetic algorithm. Further improvement of the proposed model results will be performed by implementing distributed computing on it.

**Key words:** identification; classification; localization; model of artificial neural network; genetic algorithm

**For citation:** Serebryanaya L. V., Bochkarev K. Y., Popitich A. Y. Model of Automatic Classification and Localization of Images. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 1 (6), pp. 43–48 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-43-48>

© Digital Transformation, 2019

**Введение.** Настоящая работа посвящена решению задачи идентификации заданных образов, которая является результатом классификации объектов с последующей их локализацией на основе визуальной информации.

Решаемая задача напрямую связана с машинным обучением и компьютерным зрением. Они получили широкое применение в различных прикладных областях, чему поспособствовало развитие сети интернет и накопление больших баз данных, на основании которых формируются обучающие выборки. Именно на них построены многие актуальные алгоритмы и приложения.

Основными моделями классификации являются: логистическая регрессия, дерево принятия решений, случайный лес, искусственные нейронные сети (ИНС).

На выходе модели в виде логистической регрессии получается значение статистической вероятности того или иного события, вследствие чего большинство задач логистической регрессии сводится к определению принадлежности образа к одному из двух классов.

Деревья принятия решений, как и случайный лес, способны разделять объекты на большое количество классов и являются достаточно устойчивыми к пропускам признаков. Однако проблемой для таких моделей является процедура переобучения, поскольку деревья решений часто получают очень большой высоты. Для оптимизации и предотвращения переобучения должны применяться достаточно сложные алгоритмы. Сама задача построения оптимального дерева решений является NP-полной задачей.

ИНС, особенно сверточные, являются предпочтительной моделью для классификации. Они способны комбинировать в себе сразу две задачи: классификацию и локализацию образов. Это

подтверждается многочисленными примерами архитектур программных средств, созданных на основе сверточных ИНС. Выбор архитектуры нейронной сети является нетривиальной задачей, связанной с анализом большого объема данных. Часто параметры и архитектура сети подбираются экспериментальным путем, что является трудоемким процессом. Это обусловлено тем, что каждая задача имеет свои уникальные особенности: данные, ожидаемый результат, необходимую обобщающую способность.

Для автоматизации построения сети и поиска оптимального решения на ней могут применяться генетические алгоритмы. Их цель — определить в ходе эволюции архитектуру и параметры ИНС, обеспечивающие успешное решение поставленной задачи.

**Модель сверточной нейронной сети для классификации образов.** Поиск количества слоев в сети и нейронов в них осуществляется при помощи генетического алгоритма, поэтому на этапе моделирования необходимо лишь определить последовательность и типы слоев в ИНС. Исходя из особенностей сверточной ИНС выбираются следующие типы слоев: сверточный; уменьшения пространства признаков; нормализующий; полносвязный [1].

Архитектура сверточной ИНС приведена на рис. 1. Она состоит из чередующихся сверточных (C-Layer) и субдискретизирующих слоев (S-Layer), а также одного полносвязного выходного слоя. Входной слой часто не учитывается в архитектуре ИНС. Приведенная сеть характеризуется тремя основными принципами: локальным восприятием признаков; разделяемыми весовыми коэффициентами; субдискретизацией.

Локальное восприятие признаков означает, что на вход отдельных нейронов подается не

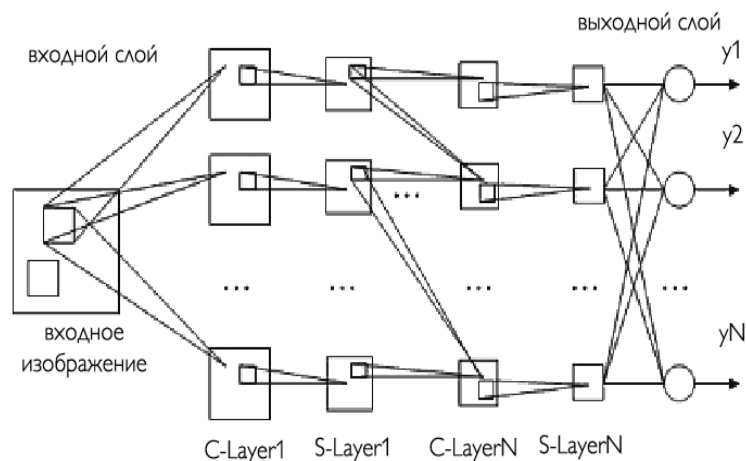


Рис. 1. Архитектура сверточной ИНС  
 Fig. 1. Architecture of convolutional ANN

все изображение, а только какая-то его часть. Это позволяет сохранить структуру (топологию) изображения, переходя от слоя к слою, чего нельзя сказать о других видах ИНС, где в большинстве случаев целостность анализируемого изображения теряется вследствие его представления в виде массива данных, поступающих на входной слой.

Принцип разделения весовых коэффициентов предполагает, что один их набор может быть использован для большого количества связей. Тогда, если на вход поступает изображение размера  $32 \times 32$  пикселя, то каждый из нейронов следующего слоя получит на вход только небольшой участок изображения (например,  $5 \times 5$  пикселей), причем каждый из фрагментов будет обработан одним и тем же набором весовых коэффициентов. Такие наборы называют ядрами. В результате появляется основное преимущество сверточной ИНС — небольшое количество связей. Например, 10 ядер размера  $5 \times 5$  пикселей для входного изображения  $32 \times 32$  образуют примерно 256 000 связей. ИНС в виде многослойного персептрона для таких же исходных данных имеет 10 миллионов связей. Кроме этого, наличие ядер и уменьшение количества связей улучшает обобщающую способность сети, что дает большую эффективность при выделении инвариантов на изображении, игнорируя при этом шум.

Каждый фрагмент изображения умножается на ядро, после чего произведения суммируются. Данную операцию можно рассматривать как своеобразный фильтр, основным свойством которого является прямая зависимость между степенью схожести части изображения и ядра. В результате применения ядра ко всем составляющим изображения будет получена карта признаков.

Под субдискретизацией понимается уменьшение размерности анализируемых признаков путем усреднения построенной карты признаков. В основном субдискретизация необходима для обеспечения инвариантности признаков данных к масштабу ИНС.

Завершающим этапом анализа является преобразование карты признаков в вектор или в число. Для этого признаки обязательно попадают на полносвязный слой [2].

Для определения качества распознавания сети применяется функция среднеквадратичной ошибки:

$$E^p = 1/2 (D^p - O(I^p, W))^2, \quad (1)$$

где  $E$  — ошибка распознавания для  $p$ -й обучающей пары,  $D$  — желаемый выход сети, а  $O$  — реальный выход сети, зависящий от входа  $I$  и веса  $W$ .

Основной задачей обучения сети является настройка весовых коэффициентов  $W$  таким образом, чтобы ошибка распознавания  $E$  была минимальной. Для ее минимизации применяется градиентный метод.

Анализ рассмотренных сверточных ИНС позволил внести некоторые улучшения в архитектуру создаваемой нейронной сети. Изменения заключаются в уменьшении пространства признаков на каждом слое путем уменьшения количества связей между нейронами. Необходимо увеличить число слоев ИНС, компенсировав это уменьшением количества измерений на каждом слое для каждой карты признаков в сверточной ИНС. Для этого применяется слой, уменьшающий пространство признаков.

**Модель локализации объектов на изображениях.** Поскольку задачи классификации и ло-

кализации образов тесно связаны между собой, было решено использовать сверточную ИНС, чтобы получать решение этих двух задач в рамках одной модели [3].

Известные сверточные ИНС, представляющие собой как детектор объектов, так и классификатор, теряют способность локализации объектов на изображении при использовании полносвязного слоя для классификации, поэтому в ряде сверточных ИНС полносвязный слой заменен слоем усреднения с уменьшением размерности. В результате существенно уменьшается количество параметров сети на последнем слое, что положительно сказывается на скорости и качестве обучения [4]. Слой усреднения позволяет сохранить детектирующие способности сети вплоть до последнего слоя, целенаправленно не обучая сеть задаче обнаружения объектов. Чтобы определить на изображении регионы, в которых расположен объект, необходимо дополнительно построить активационную карту соответствия.

Процедура генерации активационной карты основана на использовании весовых коэффициентов связей последнего слоя и слоя усреднения. Весовые коэффициенты определяют важность того или иного признака для конкретного класса. Слой усреднения показывает отклик каждого признака.

Рассмотрим построение активационной карты. Пусть  $f_k(x, y)$  отвечает за значение активационной функции для модуля  $k$  в последнем сверточном слое для пространственных координат  $(x, y)$ . Тогда для модуля  $k$  результат вычисления глобального усреднения равен  $F^k = \sum_k f_k(x, y)$ . Следовательно, для класса  $C$  этого модуля входное значение для выходного слоя равно  $S_c = \sum_k w_k^c F_k$ , где  $w_k^c$  — весовой коэффициент, соответствующий классу  $C$  модуля  $k$ . Значение этого веса указывает на важность  $F^k$  для класса  $C$ .

Подстановка  $F_k = \sum_{x,y} f_k(x, y)$  в  $S_c$  приводит к следующему выражению:

$$S_c = \sum_k w_k^c \sum_{x,y} f_k(x, y) = \sum_{x,y,k} w_k^c f_k(x, y). \quad (2)$$

Обозначим активационную карту  $M$  для класса  $C$  следующим выражением:

$$M_c(x, y) = \sum_k w_k^c f_k(x, y). \quad (3)$$

Таким образом,  $S_c = \sum_{x,y} M_c(x, y)$  и, следовательно,  $M_c(x, y)$  определяют важность конкретного пикселя на изображении для класса  $C$ .

Поскольку блоки признаков последнего сверточного слоя ИНС являются своеобразным

фильтром, можно выполнить обратное преобразование, чтобы узнать координаты пикселя на исходном изображении, а затем определить важность данного пикселя на нем.

В ряде работ, посвященных сверточным ИНС, показано, что за последним сверточным слоем следует размещать слой усреднения, а не слой определения максимального значения, так как последний позволяет определять лишь один регион с максимальным откликом. В тех ситуациях, когда требуется локализовать составные области или комбинацию из нескольких похожих объектов, слой усреднения дает лучшие результаты.

Для обоснования применения подобной модели в рамках данной работы были проведены эксперименты на нескольких сверточных ИНС, в которых полносвязные слои были заменены слоем усреднения. Это также позволило на 90 % уменьшить количество параметров, однако ухудшило классификационную способность. При этом резко улучшается качество локализации изображений сетью, если последний сверточный слой имеет высокое разрешение. В ряде ИНС разрешение последнего сверточного слоя увеличивалось при удалении нескольких предыдущих слоев. Тестирование модифицированных сетей показало, что в среднем их классификационная способность снизилась на 1–2 %, но при этом существенно улучшилась способность локализации объектов. Для проверки работы сетей была выбрана обучающая коллекция изображений, для которой ошибка локализации исходной ИНС составляла в среднем 30 %. Измененные ИНС выполнили локализацию образов для этой же выборки с ошибкой 12–15 % [5], поэтому было решено выбрать оптимизированную модель сверточной нейронной сети, способную решать сразу две задачи: классификации и локализации объектов на изображении.

Параметры сети будут определяться генетическим алгоритмом, а способность локализации обеспечиваться специально вычисленной картой активации для последнего слоя ИНС [6–8]. Это позволит сократить время обучения, так как обучать придется только саму нейронную сеть без дополнительных детекторов объектов.

**Комбинированная модель классификации и локализации.** Работа модели начинается с определения класса изображения, подаваемого на ее вход. Для этого применяется заранее обученная сверточная ИНС. После того как был определен класс, появляется возможность локализации объектов на изображении. Этот процесс также осуществляется с использованием нейронной сети путем

анализа выходных значений предпоследнего слоя усреднения и последующего обхода слоев в обратном порядке для определения регионов с наибольшим откликом на исходном изображении.

С целью автоматизации процесса обучения нейронной сети в модель включен генетический алгоритм, который автоматически подбирает архитектуру ИНС в ходе эволюционного естественного отбора. Эффективность применения генетического алгоритма напрямую зависит от реализации способа кодирования архитектуры нейронной сети в виде хромосомы, эффективности реализации метода кроссовера, мутации и вычисления фитнес-функции.

Анализ существующих архитектур сетей показал, что для ИНС с большим количеством нейронов не рекомендуется выполнять кодирование связей и весовых коэффициентов нейронов, так как получаемая сеть оказывается неэффективной и не соответствующей обучающим данным. В связи с этим кодированию будут подвергаться отдельные слои и их конфигурации. В рамках решаемой задачи для сети были определены четыре типа слоев: активационный, сверточный, полносвязный и слой усреднения.

Активационный слой не имеет параметров, поэтому его можно кодировать числовым значением. Сверточный слой имеет два параметра: первый указывает на количество фильтров для сверточного слоя, а второй — на размер этих фильтров. Кодировать данный слой необходимо тремя значениями. Полносвязный слой имеет один параметр, определяющий количество нейронов в слое, следовательно, его кодирование выполняется двумя значениями. Слой усреднения имеет один параметр — размер блока усреднения, значит его кодирование происходит двумя значениями.

После завершения прямого и обратного проходов по ИНС для определенного обучающего объекта на примере классификации выполняется проверка того, достигнута ли требуемая точность

обучения или нет. В случае положительного ответа алгоритм завершается и происходит переход к процедуре локализации, иначе выбирается новый обучающий объект и для него повторяется процесс обучения сети.

Чтобы определить координаты классифицированного объекта на исходном изображении, необходимо придерживаться нескольких правил.

1. При составлении карты признаков для нейронов первого сверточного слоя необходимо запоминать координаты исходного изображения.

2. Для последующих карт признаков необходимо запоминать родительскую карту признаков, чтобы была возможность восстановить координаты на исходном изображении.

3. Используя предпоследний слой нейронной сети, необходимо вычислить активационную карту, которая будет показывать степень вовлеченности конкретного нейрона в конечный результат классификации. Чем выше степень вовлеченности нейрона, тем больше вероятность того, что нейрон и соответствующие ему пиксели находятся на объекте.

Зависимость карт признаков при построении сети схематически изображена на рис. 2.

На рис. 2 показано, из каких частей состоит активационная карта. Связи активационных карт в дальнейшем используются в алгоритме определения координат заданных объектов на изображении. Первым шагом этого алгоритма является нахождение весовых коэффициентов нейронов последнего слоя, которые необходимы для вычисления активационных карт. Затем для каждого класса с помощью выражения (3) выполняется построение активационной карты. Все они заносятся в список для последующего использования в алгоритме. Далее осуществляется проход по активационным слоям с целью определения множества пикселей, которые больше других участвуют в определении класса объекта. Эти действия повторяются для каждого из классов.

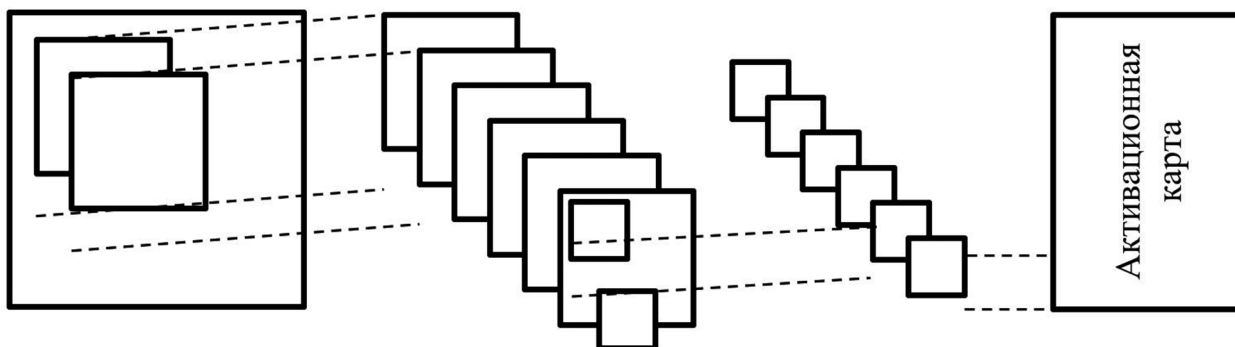


Рис. 2. Зависимость нейронов при построении карты признаков  
Fig. 2. The dependence of neurons in the construction of the map of signs

**Заключение.** Тестирование предложенной модели позволяет сделать следующие выводы. Комбинированная модель показала приемлемые результаты как по классификации, так и по локализации объектов. Все параметры нейронной сети определяются автоматически в результате применения генетических операторов в ходе эволюционного процесса. Становится ненужным подбирать вручную данные для обучения и параметры решаемой задачи.

Главным недостатком модели является необходимость большого количества вычислитель-

ных ресурсов, поскольку каждая особь в популяции представляет собой нейронную сеть, которую требуется обучить. С учетом того, что в ходе работы генетического алгоритма особей необходимо обучать много раз, время выполнения алгоритма и необходимое количество вычислительных ресурсов существенно возрастают. Однако генетические алгоритмы несложно преобразуются для реализации распределенных вычислений. Это позволяет в разы уменьшить время работы и обучения всех сетей, так как в этом случае каждая ИНС обучается независимо от других на отдельном узле.

## Список литературы

1. Radcliffe, N. J. Genetic set recombination and its application to neural network topology optimization. Technical Report EPCC-TR-91-21 / N. J. Radcliffe. – Edinburgh: University of Edinburgh, 1991. – 250 p.
2. Stanley, K. O. Evolving Neural Topologies through Augmenting Topologies / K. O. Stanley, R. Miikkulainen // Evolutionary Computation. The MIT Press. – 2002. – Vol. 10 (2). – PP. 99–127.
3. Simonyan, K. Deep inside convolutional networks: Visualising image classification models and saliency maps [Electronic resource] / K. Simonyan, A. Vedaldi // International Conference on Learning Representations Workshop. – 2014. – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1312.6034.pdf>. – Date of access: 16.03.2019.
4. Perez, S. Apply genetic algorithm to the learning phase of a neural network [Electronic resource] / S. Perez // Department of Mechanical and Aerospace Engineering University of California. – Irvine, 2005. – Mode of access: <https://pdfs.semanticscholar.org/cc48/1cf3f2dfa88fc5fa84cd41d7e9f7f7de4ff2.pdf>. – Date of access: 16.03.2019.
5. Zhou, B. Learning Deep Features for Discriminative Localization [Electronic resource] / B. Zhou, A. Lapedriza // Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory. – MIT, 2014. – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1310.1531.pdf>. – Date of access: 16.03.2019.
6. Donahue, J. Decaf: A deep convolutional activation feature for generic visual recognition [Electronic resource] / J. Donahue, Y. Jia, O. Vinyals, J. Hoffman, N. Zhang, E. Tzeng, T. Darrell // International Conference on Machine Learning. – 2014. – Mode of access: [https://web.njit.edu/~usman/courses/cs698\\_spring18/RCNN.pdf](https://web.njit.edu/~usman/courses/cs698_spring18/RCNN.pdf). – Date of access: 16.03.2019.
7. Girshick, R. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation [Electronic resource] / R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik. – CVPR, 2014. – Mode of access: <https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>. – Date of access: 16.03.2019.
8. Krizhevsky, A. Imagenet classification with deep convolutional neural networks / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G. E. Hinton // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2012. – PP. 1097–1105.

## References

1. Radcliffe, N. J. Genetic set recombination and its application to neural network topology optimization. Technical Report EPCC-TR-91-21. Edinburgh: University of Edinburgh, 1991. 250 p.
2. Stanley K. O. Miikkulainen R. Evolving Neural Topologies through Augmenting Topologies. Evolutionary Computation. The MIT Press, 2002, Vol. 10 (2), pp. 99–127.
3. Simonyan K., Vedaldi A. Deep inside convolutional networks: Visualising image classification models and saliency maps. International Conference on Learning Representations Workshop. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1312.6034.pdf> (accessed: 16.03.2019).
4. Perez S. Apply genetic algorithm to the learning phase of a neural network. Department of Mechanical and Aerospace Engineering University of California, Irvine, 2005. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/cc48/1cf3f2dfa88fc5fa84cd41d7e9f7f7de4ff2.pdf> (accessed: 16.03.2019).
5. Zhou. B., Lapedriza A. Learning Deep Features for Discriminative Localization. Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory, MIT, 2014. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1310.1531.pdf> (accessed: 16.03.2019).
6. Donahue J., Jia Y., Vinyals O., Hoffman J., Zhang N., Tzeng E., Darrell T. Decaf: A deep convolutional activation feature for generic visual recognition. International Conference on Machine Learning, 2014. Available at: [https://web.njit.edu/~usman/courses/cs698\\_spring18/RCNN.pdf](https://web.njit.edu/~usman/courses/cs698_spring18/RCNN.pdf) (accessed: 16.03.2019).
7. Girshick R., Donahue J., Darrell T., Malik J. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation, CVPR, 2014. Available at: <https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf> (accessed: 16.03.2019).
8. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. Advances in Neural Information Processing Systems, 2012, pp. 1097–1105.

Received: 26.02.2019

Поступила: 26.02.2019



## Актуальные вопросы создания и применения банков ДНК для целей криминалистики и смежных дисциплин

**М. В. Спринджук**, аспирант, научный сотрудник

E-mail: [stepanenkomatvei@yandex.ru](mailto:stepanenkomatvei@yandex.ru)

ORCID ID: 0000-0001-9500-2954

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,  
ул. Сурганова, 6, 220012, г. Минск, Беларусь

**Л. П. Титов**, д. м. н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси,  
заведующий лабораторией иммунологии

E-mail: [leonidtitov@tut.by](mailto:leonidtitov@tut.by)

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

**А. П. Кончиц**, к. б. н., научный сотрудник

E-mail: [konchits@yandex.ru](mailto:konchits@yandex.ru)

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

**Аннотация.** В статье-обзоре литературы приводятся основные сведения, касающиеся функционирования, разработки, развития и внедрения технических, лабораторных и кибернетических средств анализа и обработки геномных данных, предназначенных для улучшения результатов работы ряда криминалистических и судебно-медицинских служб, что имеет весомое значение для обеспечения безопасности граждан СНГ.

**Ключевые слова:** геномика; банк ДНК; короткие tandemные повторы; криминалистика; биомаркеры; идентификации личности

**Для цитирования:** Спринджук, М. В. Актуальные вопросы создания и применения банков ДНК для целей криминалистики и смежных дисциплин / М. В. Спринджук, Л. П. Титов, А. П. Кончиц // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1 (6). – С. 49–59. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-49-59>



© Цифровая трансформация, 2019

## Challenging Questions of Development and Application of DNA Banks for the Purposes of Criminology and Related Disciplines

**M. V. Sprindzuk**, Graduate student, Researcher

E-mail: [stepanenkomatvei@yandex.ru](mailto:stepanenkomatvei@yandex.ru)

United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus (UIIP NASB), 6 Surganova Str., 220012 Minsk, Belarus

**L. P. Titov**, Dr. Sc. (Medicine), Professor, Corresponding member of the NASB, Head of the Laboratory of Immunology

E-mail: [leonidtitov@tut.by](mailto:leonidtitov@tut.by)

United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus (UIIP NASB), 6 Surganova Str., 220012 Minsk, Belarus

**A. P. Konchits**, Candidate of Sciences (Biology), Researcher

E-mail: [konchits@yandex.ru](mailto:konchits@yandex.ru)

United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus (UIIP NASB), 6 Surganova Str., 220012 Minsk, Belarus

**Abstract.** Review article presents essential information on DNA databases, forensic genomics for human identification and suspect characteristics. Author reports the essential information on the topic of forensic DNA databases and data processing. DNA databases are important tools for the improvement of performance of the security organizations and services with a final goal of national security enhancement.

**Key words:** genomics; DNA bank; short tandem repeats; criminalistics; biomarkers; identity; criminology

**For citation:** Sprindzuk M. V., Titov L. P., Konchits A. P. Challenging Questions of Development and Application of DNA Banks for the Purposes of Criminology and Related Disciplines. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 1 (6), pp. 49–59 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-49-59>

© Digital Transformation, 2019

**Введение. Назначение и обоснование разработки баз данных ДНК.** Создание и разработка современных баз данных (БД) ДНК необходимы для осуществления следующих задач и целей:

- 1) увеличения шансов на успешное раскрытие преступлений;
- 2) увеличения числа раскрываемых преступлений;
- 3) повышения скорости расследования преступлений;
- 4) сокращения времени, потраченного полицией на расследование преступлений;
- 5) сопоставления данных с нераскрытыми преступлениями;
- 6) идентификации ранее ложно идентифицированных биологических объектов, имеющих судебно-медицинское значение [1].

Базы ДНК для целей криминалистики, смежных дисциплин и органов безопасности существуют ещё не во всех странах.

Двадцатилетний опыт изучения и практического применения ДНК-маркеров, имеющих судебно-медицинское значение, доказал значимость этой научной темы и позволил сформировать задачи для дальнейших действий.

Результаты и опыт работы криминалистических лабораторий, а также соответствующие алгоритмы, методики, модели, описание технологий ДНК-анализа для специфических целей криминалистики, генеалогии, судебной медицины, клинической геномики, антропологии и археологии глубоко изучены рядом ученых и лабораторий мира, что отражено в недавно опубликованных книгах, монографиях и обзорных статьях [1–17].

Архитектура баз данных ДНК преступников и подозреваемых, технологии таких информационных хранилищ, используемые алгоритмы обработки текстов и сопоставления данных в доступной литературе освещены скудно. Имеются единичные публикации, сообщающие результаты разработки программных комплексов с открытым кодом, предназначенных для анализа микросателлитных карт геномных маркеров [18] и программного обеспечения, специально пред-

назначенного для вычислительных операций в сфере криминологии [19].

Наиболее развитые базы данных ДНК принадлежат ФБР (CODIS, *Combined DNA index system*, США) [12], службам безопасности Нидерландов (база данных ДНК и программное обеспечение *Vonaparte*) [20], специальным службам и полиции Англии — Национальная база данных ДНК Великобритании [21–27]. Рекомендации по разработке и управлению ДНК базами данных сформулированы ассоциацией криминологов и судебных медиков и опубликованы на сайте <http://enfsi.eu>.

**Основная часть.** Обоснование предлагаемого набора STR-маркеров для базы данных ДНК Беларуси. Основные типы геномных маркеров, имеющих значение для криминалистики и судебной медицины, приведены в таблице 1. Алгоритм обработки ДНК представлен на рисунке 1. Увеличение числа типов КТП (коротких tandemных повторов) и маркеров ОНП (одиночных нуклеотидных полиморфизмов) способствует более точной генетической экспертизе. В мире имеется тенденция расширять спектр маркеров судебно-медицинской экспертизы, что необходимо учитывать при разработке местных информационных систем. Безусловно количество маркеров может быть ограничено по причине лимитов финансирования. ФБР добавила новые маркеры D1S1656, D2S441, D2S1338, D10S1248, D12S391, D19S433, D22S1045. Они применяются в судебно-медицинской и криминалистической практике США с января 2017 года. Подробно ознакомиться с содержанием маркерной панели БД ФБР CODIS можно свободно на сайте <https://strbase.nist.gov/fbicore.htm>.

**Обоснование выбора контингента доноров ДНК для наполнения базы данных.** Донорами ДНК могут быть следующие биологические объекты:

- 1) лица, совершившие тяжкие и особо тяжкие преступления, связанные с причинением вреда здоровью и имуществу других граждан. Перечень преступлений должен быть перечислен в соответствии с существующей номенклатурой;

Таблица 1. Геномные маркеры идентификации (ССП — секвенирование следующего поколения) [51]  
 Table 1. Genomic identification markers (NGS — next generation sequencing) [51]

Маркеры	Преимущества и недостатки для судебной экспертизы	Преимущества ССП (NGS)	Недостатки ССП (NGS)
Аутосомные КТП	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Высокая дискриминирующая сила.</li> <li>– Низкий уровень мутаций.</li> <li>– Легко включать в базы данных.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Определение в смешанных образцах и легкость вычисления пропорций (% чтений).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Значительно дороже.</li> <li>– Трудно использовать мультиаллельные КТП по причине длины чтений.</li> <li>– Огромный объем данных, трудность хранения и статистических расчетов.</li> </ul>
Аутосомные ОНП	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Меньшая дискриминирующая сила, чем у КТП, но очень полезны в трудных случаях компромированных образцов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Можно определить миллионы ОНП (происхождения, этнографии, фенотипа).</li> <li>– Определяются в смешанных образцах с высоким числом чтений.</li> <li>– Имеются специальные технологические комплекты.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Дороже, но, в зависимости от числа, цена может быть одинаковой, как и при работе с другими маркерами.</li> </ul>
Y-хромосомные КТП	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Низкая дискриминирующая сила.</li> <li>– Возможны проблемы с вычислениями популяционной статистики.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Определение в смешанных образцах и легкость вычисления пропорций (% чтений).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Значительно дороже.</li> <li>– Трудно использовать мультиаллельные КТП по причине длины чтений.</li> <li>– Высокое число повторов последовательностей осложняет анализ.</li> <li>– Огромный объем данных, трудность хранения и статистических расчетов.</li> </ul>
Митохондриальные ОНП	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Высокое число копий.</li> <li>– Лучше подходят для старых и поврежденных образцов материала.</li> <li>– Имеют сравнительно низкую дискриминирующую силу.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Легкость анализа полных митохондриальных геномов.</li> <li>– Имеется много технологических комплектов.</li> </ul>	

2) лица, подозреваемые в совершении преступлений;

3) добровольцы, которые могут быть никогда не судимыми или ранее приговоренными к мерам наказания и лишению свободы;

4) домашние и дикие животные, другие живые существа.

Значение ДНК образцов таких доноров имеет все большее значение при раскрытии целого ряда преступлений.

В Великобритании у всех арестованных лиц выполняется забор ДНК путем соскоба клеток со слизистой щеки [21–27].

**Технические средства разработки и анализа базы данных ДНК.** Практический смысл имеет собрать все паспортные, социальные и геномные данные в стабильную надежную базу данных, основанную на современных технологиях хранения, доступа и защиты информации. Для этого можно использовать как традиционные реляционные



Рис. 1. Алгоритм обработки ДНК для целей судебной экспертизы  
 Fig. 1. DNA Processing Algorithm for Forensic Examination

технические средства разработки БД, такие как MySQL и PostgreSQL, так и более современные NoSQL технологии (MongoDB, Cassandra и т. п.). Нужно отметить, что сегодня реально разработать и мобильные приложения под наиболее популярные платформы (Android, IOS, Windows mobile) для хранения данных, а также для ввода и поиска необходимой информации. База данных ДНК может иметь общедоступный интерфейс, реализованный современными средствами кодов и библиотек Javascript, HTML и размещаться как веб-сайт на основе систем управления контентом или как разработанный веб-сайт на основе существующих устойчивых перед уязвимостями фреймворков. Часть геномной информации можно сделать доступной только для авторизованных лиц.

Особое практическое и научное значение может иметь интеграция баз данных стран СНГ с аналогичными хранилищами геномных и паспортных данных других стран. Технически такая интеграция может быть осуществлена с помощью разработки стандарта представления данных карточки доноров ДНК.

В 21 веке на смену настольным (*desktop databases*) базам данных (Microsoft Access, FileMaker, Visual Basic, FoxPro, Delphi/C++ Borland, Qt/C++, WxPython, RubyTK) пришли веб-системы с возможностями хранения данных в облачных хранилищах. Сейчас эти технологии применяются реже. Все чаще разработчики программного обеспечения предпочитают компилируемому языку программирования (C++ и C#), интерпретируемые

(Python или Ruby). Эти языки и имеющие к ним отношение технологии и фреймворки конкурируют с наиболее распространенными языками программирования, которыми являются Java и PHP. Необходимо отметить, что существуют драйверы и другие компоненты инфраструктуры для использования БД, написанных на любом популярном языке программирования. Огромное распространение языков программирования Python и Ruby обусловлено их уникальной лаконичностью, ясностью синтаксиса и наличием большого количества готовых модулей. Они позволяют разрабатывать программное обеспечение быстрее и более высокого качества, но с некоторой потерей скорости запуска приложений по сравнению с языками C/C++. Использование интернет-ориентированных веб-систем позволяет применять ресурсы серверов и облачных хранилищ, пользоваться набором стандартных веб-технологий, таких как Javascript и его библиотеки JQuery и AngularJS, HTML5, использовать БД MySQL, PostgreSQL, SQLite, OracleDB, MongoDB и многие другие полезные ресурсы.

Огромное наследие математического аппарата, реализованного в программных кодах библиотек и различных расширений, позволяет сегодня разрабатывать программные комплексы с меньшими затратами человеческих и машинных ресурсов. Для обработки данных КТП и ОПН существует специальное программное обеспечение: NextGene, Mutation Surveyor [28], CLC Genomics Workbench, DNA Star, Ugene [29–35], JMP Genomics, Illumina Studio, STRUCTURE [30, 36], OmniPop, GenePop, Arlequin [<http://cmpg.unibe.ch/software/arlequin35/>] и ресурсы бесплатных библиотек языков R (пакет-модуль GeneLand), BioPython, Java, Ruby, Perl, C++.

**Применение геномных маркеров для целей криминалистики.** На территории Беларуси и России проживает более 160 различных народностей и национальностей. Знание конкретных частот встречаемости ДНК маркеров различного типа у населения местной этнической принадлежности – необходимое условие корректного применения методов ДНК анализа при идентификации личности и биологических следов (Е. Исаева и др., 2011) [37].

ДНК-анализ КТП широко применяется в лабораториях по всему миру для задач практической судебной экспертизы. Разработан целый ряд лабораторных технологических комплексов, использующих различные генетические маркеры [38, 39].

Помимо стандартных стационарных технологических комплексов ДНК-анализа для целей

судебной экспертизы (таблица 2, рисунок 2), разработаны переносные мобильные системы, основанные на Agilent 2100 биоанализаторе [40, 41].

Для изучения и вычисления филогенеза используются локусы КТП TPOX, FES, vWA, F13A и Tho1 [42]. Имеются публикации об успешном применении 11 нестандартных аутосомных локусов (D21S1437, D22S683, D8S1110, D10S2325, D12S1090, D17S1294, D3S1744, D14S608, D20S470, D18S536, D13S765) для изучения этногеографического статуса жителей Бангладеша [43].

Для идентификации деградированного ДНК в случае изучения генетической и родовой принадлежности используют быстро мутирующие Y-КТП [Rapidly mutating Y-chromosomal short tandem repeats (RM Y-STRs)] [44].

Ф. Мессина и соавторы показали сравнительную эффективность маркеров тетра nukлеотидных КТП TH01, D19S433, FGA, D3S1358 для целей популяционной генетики и судебной экспертизы [45].

Б. Бадюл и А. Ван Даал (лаборатория ФБР, 2008) предложили разделить классы значимых для криминалистики одиночных нуклеотидных полиморфизмов (ОНП) на четыре категории:

1) ОНП для тестирования идентификации биологических объектов (*Identity-testing SNPs*). Эти маркеры требуют высокой гетерозиготности и низкого коэффициента инбридинга.

2) ОНП родословной (*Lineage informative SNPs*). Представляют собой множество тесно связанных между собой ОНП, которые функционируют как гаплотипные маркеры. Меньше других подвержены рекомбинациям и мутациям. Их применяют для идентификации пропавших без вести путем сопоставления общих черт генома с родственниками.

3) ОНП происхождения (*Ancestry informative SNPs*, подразумевается линия происхождения вне семьи субъекта). Маркеры используются для определения биогеографического этноса индивидуума. Они требуют низкого уровня гетерозиготности и требовательны к другим параметрам популяционной генетики.

4) Фенотипически информативные ОНП (*Phenotype informative SNPs*, маркеры внешности субъекта розыска или идентификации). Назначение таких маркеров — установление высокой вероятности, что субъект расследования обладает определенным набором черт внешности, включающим цвет кожи, волос, глаз и т. п. Данная группа геномных маркеров имеет особое значение для раскрытия преступлений, когда необходимо поделиться с отбором подозреваемых лиц. Гены, от-

Таблица 2. Основные лабораторные технологии анализа ДНК для целей криминалистики и судебной медицины [51]  
 Table 2. Basic laboratory DNA analysis technologies for the purposes of forensic science and forensic medicine [51]

Платформа	Применение	Комплект	Маркеры
Ion Torrent (PGM)	Анализ следов ДНК и ДНК высокой степени разложения  Выяснение принадлежности к семье или роду Анализ ДНК трупных останков для поиска лиц в розыске Более эффективно для анализа смесей ДНК	HID-Ion AmpliSeq Identity Panel  HID-Ion AmpliSeq Ancestry Panel	124 аутосомных маркеров (34 одиночных полиморфизмов с привязкой к Y хромосоме и 90 одиночных чисто аутосомных полиморфизмов (ОП))
Illumina (MiSeq)	ДНК тестирование для практической криминалистики ДНК профилирование для судебно-медицинских баз данных Анализ митохондриального ДНК для идентификации лиц в розыске  Идентификация жертв катастроф и стихийных бедствий	ForenSeq DNA Signature Prep Kit  Nextra XT DNA Library Prep Kit: анализирует D-петлю гипервариабельной области митохондриального ДНК  Nextera XT DNA Library Prep Kit: анализирует митохондриальную ДНК  Используется комбинация ForenSeq DNA Signature Prep Kit и Nextera XT DNA Library Prep Kit	200 генетических маркеров: 27 основных аутосомных коротких tandemных повторений (КТП), 24-н КТП, 7 X-КТП, 95 ОНП идентификации, 22 ОНП фенотипа и 56 биогеографического происхождения  Для трудных случаев и для амплификации / усиления 4 пересекающихся фрагментов, распространяющихся на гипервариабельные области  Для чистых интактных образцов ДНК и усиления 2 длинных фрагментов, распространяющихся через весь митохондриальный геном человека (16 569 пар оснований)

ветственные за экспрессию пигментов — это MC1R, R151C, R160W, D294N, R307G, MATP, TYR [46].

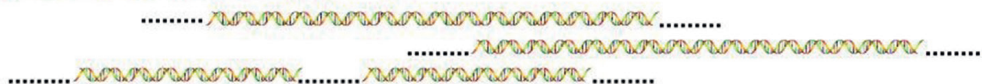
Имеются данные о том, что 99,1 % генома одинаково у всех людей, именно эта часть и отвечает за принадлежность к биологическому виду Homo Sapiens. Остальная часть генома человека, составляющая 0,9 % называется по определению полиморфной, к этой части относятся КТП и ОПН,

имеющие значение для криминалистики и судебной медицины [47].

Известно, что 85 % вариаций генома человека находится и отображено в ОНП [46, 48].

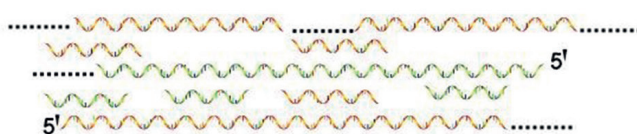
ОНП можно применять в тех случаях, когда для КТП не удастся собрать ДНК подходящего качества и объема. Такая ситуация бывает в случаях разложения ДНК по причине давнего срока смер-

## 1. Выделение ДНК для амплификации



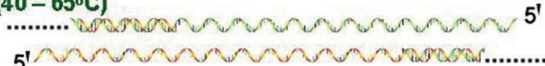
## 2. Добавление специфических олигонуклеотидных праймеров, термостабильной ДНК полимеразы и нуклеотидных трифосфатов

### 2a. Денатурация ДНК (95°C)



Повторение  
необходимого  
количества циклов

### 3b. Удаление олигонуклеотидных праймеров (40 – 65°C)



### 3c. Синтез новых копий нитей ДНК с использованием ДНК полимеразы (72°C)



Рис. 2. Схема ПЦР (полимеразной цепной реакции ДНК)  
Fig. 2. Scheme of PCR (polymerase chain reaction of DNA)

ти биологического субъекта или в связи с воздействиями внешней среде.

Мутации типа *Вставка-удаление* (INDEL = insertion/deletion) можно классифицировать следующим образом (А. Зидкова и соавторы, 2013):

- 1) вставки или удаления одиночных пар нуклеотидов;
- 2) мономерные расширения пар нуклеотидов;
- 3) многомерные расширения с единицами повтора в 2–15 пар оснований;
- 4) вставки транспозонов;
- 5) вставки/удаления, содержащее случайные ДНК последовательности размером от 2 до 10 000 пар оснований в длину. Приблизительно 40 % всех инделов принадлежит к этому классу мутаций, причем 99 % из них имеют длину короче 100 пар нуклеотидных оснований [48].

И. Хэлдер и соавторы (2009) продолжили рассчитывать частоту аллелей отобранных генов-маркеров по формуле (1):

$$\delta_c = 1/2 \times \sum_{i=1}^n |f_{iA} - f_{iB}|, \quad (1)$$

где  $\delta_c$  — составной, композитный показатель, расширение двуаллельного показателя, представляет разницу в частотах аллелей двух популяций в случае мультиаллельных генов,  $f_{iA}$  и  $f_{iB}$  — частоты

$i$ -того аллеля внутри двух популяций  $A$  и  $B$ , которые сравниваются по локусам генов [49].

В. А. Степанов и соавторы (2011) впервые с использованием панели из 15 генетических маркеров, применяемых для ДНК-идентификации и в судебно-медицинской экспертизе, охарактеризовали 17 популяций Российской Федерации. Исследователями была определена степень полиморфизма и популяционной изменчивости в российских популяциях микросателлитных локусов, входящих в набор PowerPlex 16 («Promega»): распределение аллелей и генотипов в популяциях шести городов и 11 этнических группах РФ; уровни внутри межпопуляционной генетической дифференциации населения; генетические взаимоотношения между популяциями; идентификационные и судебно-медицинские характеристики изученной системы маркеров. Авторами были выявлены значительные отличия российских популяций от референтной базы США, используемой в настоящее время в практике судебной экспертизы РФ. Российскими учёными и программистами создана база данных по частотам аллелей 15 микросателлитных локусов, применяемых в ДНК-идентификации и судебной медицине, которая может стать референтной для проведения судебно-медицинских экспертиз в России. Была обнаружена пространственная организация генетического разнообразия по панели

КТП-маркеров, используемых для ДНК-идентификации, отражающая общие закономерности географической кластеризации популяций человека по генетическим маркерам различного типа; обоснована необходимость учета популяционно-генетической структуры населения при судебно-медицинских исследованиях и ДНК-идентификации личности в криминалистике [50].

**Заключение.** В обзоре представлено обоснование значения разработки, развития и внедрения технических, лабораторных и математических средств анализа и обработки геномных данных для улучшения работы ряда криминалистических и судебно-медицинских служб и, в конечном итоге, для улучшения качества безопасности и жизнедеятельности граждан СНГ.

## Список литературы

1. ENFSI. DNA database management review and recommendations, 2016. 14 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/final\\_version\\_enfsi\\_2016\\_document\\_on\\_dna\\_database\\_management\\_0.pdf](http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/final_version_enfsi_2016_document_on_dna_database_management_0.pdf). – Дата доступа: 21.10.2018.
2. Frudakis, T.N. Molecular photofitting: predicting ancestry and phenotype using DNA / T. N. Frudakis. – Amsterdam; Boston: Elsevier/Academic Press, 2008. – xiv, 695 p.
3. Balding, D. J. Weight-of-evidence for forensic DNA profiles / D. J. Balding – Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2005. – X, 184 p.
4. Belair, R. R., United States. Bureau of Justice Statistics., Search Group. Forensic DNA analysis: issues / R. R. Belair – Washington, D.C.: U.S. Dept. of Justice, Office of Justice Programs, Bureau of Justice Statistics, 1991. – 32 p.
5. Buckleton, J. S., Triggs, C. M., Walsh, S. J. Forensic DNA evidence interpretation / J. S. Buckleton, C. M. Triggs, S. J. Walsh – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 534 p.
6. Butler, J. M. Advanced topics in forensic DNA typing: methodology / J. M. Butler – Waltham, MA: Elsevier/Academic Press, 2012. – XVII, 680 p.
7. Goodwin, W. Forensic DNA typing protocols. Second edition / W. Goodwin – New York: Humana Press, 2016. – X, 298 p.
8. Differential pre-amplification of STR loci for fragmented forensic DNA profiling / S. K. Ham // Electrophoresis. – 2016. – Vol 37, № 22. – PP. 3002–3009.
9. Hindmarsh, R.A., Prainsack, B. Genetic suspects: global governance of forensic DNA profiling and databasing / R. A. Hindmarsh, B. Prainsack. – Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2010. – XXV, 343 p.
10. An integrated system of ABO typing and multiplex STR testing for forensic DNA analysis / Jiang, X. [et al.] // Forensic Sci Int Genet. – 2012. – Vol 6, № 6. – PP. 785–797.
11. Lincoln, P.J., Thomson, J. Forensic DNA profiling protocols / P. J. Lincoln. J. Thomson – Totowa, N. J.: Humana Press, 1998. – X, 309 p.
12. Population data on the expanded CODIS core STR loci for eleven populations of significance for forensic DNA analyses in the United States / T.R. Moretti [et al.] // Forensic Sci Int Genet. – 2016. – Vol 25, – PP. 175–181.
13. National Institute of Justice (U.S.). Research and Development Working Group. National Commission on the Future of DNA Evidence (National Institute of Justice). The future of forensic DNA testing: predictions of the Research and Development Working Group. – Washington, D.C. (810 Seventh Street, N.W., Washington, 20531): U.S. Dept. of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of Justice, 2000. – XI, 82 p.
14. National Research Council (U.S.). Committee on DNA Forensic Science: an Update. National Research Council (U.S.). Commission on DNA Forensic Science: an Update. The evaluation of forensic DNA evidence. – Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. – XV, 254 p.
15. Primorac, D., Schanfield, M. S. Forensic DNA applications: an interdisciplinary perspective / D. Primorac, M. S. Schanfield. – XXV, 621 p.
16. Shewale, J.G., Liu, R.H. Forensic DNA analysis: current practices and emerging technologies / J. G. Shewale, R. H. Liu. – XVI, 405 p.
17. Developmental validation of forensic DNA – STR kits: Expressmarker 16+10Y and expressmarker 16+18Y / H. Zhou [et al.] // Forensic Sci Int Genet. – 2016. – Vol 24. – PP. 1–17.
18. Abouelhoda, M., El-Kalioby, M., Giegerich, R. WAMI: a web server for the analysis of minisatellite maps / M. Abouelhoda, M. El-Kalioby, R. Giegerich // BMC Evol Biol. – 2010. – Vol 10, – PP. 167.
19. Development and validation of open-source software for DNA mixture interpretation based on a quantitative continuous model / S. Manabe [et al.] // PLoS One. – 2017. – Vol 12, № 11. – PP. e0188183.
20. Sjerps, M., van der Geest, N., Pieron, C. et al. A Dutch population study of the STR Loci HUMTHO1, HUMFES/FPS, HUMVWA31/1 and HUMF13A1, conducted for forensic purposes / M. Sjerps [et al.] // Int J Legal Med. – 1995. – Vol 108, № 3. – PP. 127–34.
21. Amankwaa, A. O., McCartney, C. The UK National DNA Database: Implementation of the Protection of Freedoms Act 2012 / A. O. Amankwaa, C. McCartney // Forensic Sci Int. – 2018. – Vol 284 – PP. 117–128.
22. Johnson, P., Williams, R. DNA and Crime Investigation: Scotland and the 'UK National DNA Database' / P. Johnson, R. Williams // Scott J Crim Justice Stud. – 2004. – Vol 10, – PP. 71–84.



23. Linacre, A. The UK National DNA Database / A. Linacre // *Lancet*. – 2003. – Vol 361, № 9372. – PP. 1841–1842.
24. Familial searching: a specialist forensic DNA profiling service utilising the National DNA Database to identify unknown offenders via their relatives in the UK experience / C. N. Maguire [et al.] // *Forensic Sci Int Genet*. – 2014. – Vol 8, № 1. – PP. 1–9.
25. Pascali, V. L., Lago, G., Dobosz, M. The dark side of the UK National DNA Database / V. L. Pascali, G. Lago, M. Dobosz // *Lancet*. – 2003. – Vol 362, № 9386. – PP. 834.
26. Revoir, A., Ballard, D. J., Syndercombe, D. Report into a discordant result at D16S539 between SGM Plus(R) and PowerPlex(R) ESI 16 kits in a criminal case sample and implications for the UK National DNA Database upgrade / A. Revoir, D. J. Ballard, D. Syndercombe // *Sci Justice*. – 2014. – Vol 54, № 1. – PP. 95–97.
27. Wallace, H. The UK National DNA Database. Balancing crime detection, human rights and privacy / H. Wallace // *EMBO Rep*. – 2006. – Vol 7. – PP. 26–30.
28. Minton, J.A., Flanagan, S.E., Ellard, S. Mutation surveyor: software for DNA sequence analysis / J. F. Minton, S. E. Flanagan, S. Ellard // *Methods Mol Biol*. – 2011. – Vol 688, – PP. 143–153.
29. Shared bioinformatics databases within the UGENE platform / I. V. Protsyuk // *J Integr Bioinform*. – 2015. – Vol 12, № 1. – PP. 257.
30. Liu, Y.-Y., Harbison, S. A review of bioinformatic methods for forensic DNA analyses / Liu Y.-Y., Harbison S. A. // *Forensic Science International: Genetics*. – 2018. – Vol 33. – PP. 117–128.
31. Unipro UGENE NGS pipelines and components for variant calling, RNA-seq and ChIP-seq data analyses / O. Golosova [et al.] // *PeerJ*. – 2014. – Vol 2, – P. e644.
32. Okonechnikov, K., Golosova, O., Fursov, M. Unipro UGENE: a unified bioinformatics toolkit / K. Okonechnikov, O. Golosova, M. Fursov // *Bioinformatics*. – 2012. – Vol 28. – № 8. – PP. 1166–1167.
33. Functional interaction of Ugene and EBV infection mediates tumorigenic effects / L. T. Wang [et al.] // *Oncogene*. – 2011. – Vol 30, № 26. – PP. 2921–2932.
34. ExpertDiscovery and UGENE integrated system for intelligent analysis of regulatory regions of genes / Y. Y. Vaskin [et al.] // *In Silico Biol*. – 2011. – Vol 11. – № 3–4. – PP. 97–108.
35. Ugene, a newly identified protein that is commonly overexpressed in cancer and binds uracil DNA glycosylase / C. Guo [et al.] // *Cancer Res*. – 2008. – Vol 68. – № 15. – PP. 6118–6126.
36. An overview of STRUCTURE: applications, parameter settings, and supporting software / L. Porras-Hurtado [et al.] // *Frontiers in Genetics*. – 2013. – Vol 4. – P. 98.
37. Исаева, Е. Н. Значение ДНК маркеров при судебно-медицинской экспертизе родства у этнических бурят Байкальского региона Восточной Сибири / Е. Н. Исаева, Ю. С. Исаев, И. Ж. Семинский, // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. – 2011. – Vol 104. – № 5. – PP. 25–27.
38. Mulero, J. J., Hennessy, L. K. Next-Generation STR Genotyping Kits for Forensic Applications / J. J. Mulero, L. K. Hennessy // *Forensic Sci Rev*. – 2012. – Vol 24. – № 1. – PP. 1–13.
39. Forensic STR analysis using massive parallel sequencing / C. Van Neste // *Forensic Sci Int Genet*. – 2012. – Vol 6, № 6. – Pp. 810–818.
40. Aboud, M.J. Ultrafast STR Separations on Short-Channel Microfluidic Systems for Forensic Screening and Genotyping / M. J. Aboud, M. Gassmann, B. McCord // *J Forensic Sci*. – 2015. – Vol 60. – № 5. – PP. 1164–1170.
41. Aboud, M.J. The development of mini pentameric STR loci for rapid analysis of forensic DNA samples on a microfluidic system / M. J. Aboud, M. Gassmann, B. McCord // *Electrophoresis*. – 2010. – Vol 31. – № 15. – PP. 2672–2679.
42. Agrawal, S. Reconstructing recent human phylogenies with forensic STR loci: a statistical approach / S. Argawal, S. Khan // *BMC Genet*. – 2005. – Vol 6. – PP. 47.
43. Forensic evaluation of 11 non-standard STR loci in Bangladeshi population / S. Akhteruzzaman // *Leg Med (Tokyo)*. – 2013. – Vol 15. – № 2. – PP. 106–108.
44. Rapidly mutating Y-STR analyses of compromised forensic samples / R. Alghafri // *Int J Legal Med*. – 2018. – Vol 132. – № 2. – PP. 397–403.
45. Enlarging the gene-geography of Europe and the Mediterranean area to STR loci of common forensic use: longitudinal and latitudinal frequency gradients / F. Messina [et al.] // *Ann Hum Biol*. – 2018. – Vol 45. – № 1. – PP. 77–85.
46. Budowle, B. A. Forensically relevant SNP classes / B. Budowle, A., van Daal // *Biotechniques*. – 2008. – Vol 44. – № 5. – PP. 603–610.
47. Giardina, E., Spinella, A., Novelli, G. Past, present and future of forensic DNA typing / E. Giardina, A. Spinella, G. Novelli // *Nanomedicine (Lond)*. – 2011. – Vol 6. – № 2. – PP. 257–270.
48. Application of the new insertion-deletion polymorphism kit for forensic identification and parentage testing on the Czech population / A. Zidkova [et al.] // *Int J Legal Med*. – 2013. – Vol 127. – № 1. – PP. 7–10.
49. Measurement of admixture proportions and description of admixture structure in different U.S. populations / I. Halder [et al.] // *Hum Mutat*. – 2009. – Vol 30. – № 9. – PP. 1299–1309.
50. Степанов, В. Характеристика популяций Российской Федерации по панели пятнадцати локусов, используемых для ДНК-идентификации и в судебно-медицинской экспертизе / В. Степанов [и др.] // *Acta Naturae (русскоязычная версия)*. – 2011. – Т. 3. – № 2. – С. 59–71.

## References

1. ENFSI DNA database management review and recommendations, 2016. 14 [Electronic resource]. – Access Mode: URL: [http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/final\\_version\\_enfsi\\_2016\\_document\\_on\\_dna\\_database\\_management\\_0.pdf](http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/final_version_enfsi_2016_document_on_dna_database_management_0.pdf). – Access date: 10/21/2018.
2. Frudakis T. N. Molecular photofitting: predicting ancestry and phenotype using DNA. Amsterdam; Boston: Elsevier/Academic Press, 2008, xiv, 695 p.
3. Balding D. J. Weight-of-evidence for forensic DNA profiles. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2005, x, 184 p.
4. Belair R. R., United States. Bureau of Justice Statistics., Search Group. Forensic DNA analysis: issues. Washington, D. C.: U. S. Dept. of Justice, Office of Justice Programs, Bureau of Justice Statistics, 1991, v, 32 p.
5. Buckleton J. S., Triggs C. M., Walsh S. J. Forensic DNA evidence interpretation. Boca Raton: CRC Press, 2005, 534 p.
6. Butler J. M. Advanced topics in forensic DNA typing: methodology. Waltham, MA: Elsevier/Academic Press, 2012, xvii, 680 p.
7. Goodwin W. Forensic DNA typing protocols. Second edition., New York: Humana Press, 2016, x, 298 pages.
8. Ham S. K., Kim S. Y., Seo B. Y. et al. Differential pre-amplification of STR loci for fragmented forensic DNA profiling. *Electrophoresis*, 2016, Vol 37, № 22. pp. 3002–3009.
9. Hindmarsh R. A., Prainsack B. Genetic suspects: global governance of forensic DNA profiling and databasing. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2010, xxv, 343 p.
10. Jiang X., He J., Jia F. et al. An integrated system of ABO typing and multiplex STR testing for forensic DNA analysis. *Forensic Sci Int Genet*, 2012, Vol 6, № 6. pp. 785–97.
11. Lincoln P. J., Thomson J. Forensic DNA profiling protocols. Totowa, N.J.: Humana Press, 1998, X, 309 p.
12. Moretti T. R., Moreno L. I., Smerick J. B. et al. Population data on the expanded CODIS core STR loci for eleven populations of significance for forensic DNA analyses in the United States. *Forensic Sci Int Genet*, 2016, Vol 25, pp. 175–181.
13. National Institute of Justice (U. S.). Research and Development Working Group. National Commission on the Future of DNA Evidence (National Institute of Justice). The future of forensic DNA testing: predictions of the Research and Development Working Group. Washington, D.C. (810 Seventh Street, N. W., Washington, 20531): U. S. Dept. of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of Justice, 2000, xi, 82 p.
14. National Research Council (U.S.). Committee on DNA Forensic Science: an Update. National Research Council (U. S.). Commission on DNA Forensic Science: an Update. The evaluation of forensic DNA evidence. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996, XV, 254 p.
15. Primorac D., Schanfield M. S. Forensic DNA applications: an interdisciplinary perspective. XXV, 621 p.
16. Shewale J. G., Liu R. H. Forensic DNA analysis: current practices and emerging technologies. XVI, 405 p.
17. Zhou H., Bi G., Zhang C. et al. Developmental validation of forensic DNA-STR kits: Expressmarker 16+10Y and expressmarker 16+18Y. *Forensic Sci Int Genet*, 2016, Vol 24, pp. 1–17.
18. Abouelhoda M., El-Kalioby M., Giegerich R. WAMI: a web server for the analysis of minisatellite maps. *BMC Evol Biol*, 2010, Vol 10, pp. 167.
19. Manabe S., Morimoto C., Hamano Y. et al. Development and validation of open-source software for DNA mixture interpretation based on a quantitative continuous model. *PLoS One*, 2017, Vol 12, № 11. pp. e0188183.
20. Sjerps M., van der Geest N., Pieron C. et al. A Dutch population study of the STR Loci HUMTH01, HUMFES/FPS, HUMVWA31/1 and HUMF13A1, conducted for forensic purposes. *Int J Legal Med*, 1995, Vol 108, № 3, pp. 127–134.
21. Amankwaa A. O., McCartney C. The UK National DNA Database: Implementation of the Protection of Freedoms Act 2012. *Forensic Sci Int*, 2018, Vol 284, pp. 117–128.
22. Johnson P., Williams R. DNA and Crime Investigation: Scotland and the 'UK National DNA Database'. *Scott J Crim Justice Stud*, 2004, Vol 10, pp. 71–84.
23. Linacre A. The UK National DNA Database. *Lancet*, 2003, Vol 361, № 9372, pp. 1841–2.
24. Maguire C. N., McCallum L. A., Storey C. et al. Familial searching: a specialist forensic DNA profiling service utilising the National DNA Database to identify unknown offenders via their relatives, the UK experience. *Forensic Sci Int Genet*, 2014, Vol 8, № 1, pp. 1–9.
25. Pascali V. L., Lago G., Dobosz M. The dark side of the UK National DNA Database. *Lancet*, 2003, Vol 362, № 9386, p. 834.
26. Revoir A., Ballard D. J., Syndercombe Court D. Report into a discordant result at D16S539 between SGM Plus(R) and PowerPlex(R) ESI 16 kits in a criminal case sample and implications for the UK National DNA Database upgrade. *Sci Justice*, 2014, Vol 54, № 1, pp. 95–7.
27. Wallace H. The UK National DNA Database. Balancing crime detection, human rights and privacy. *EMBO Rep*, 2006, Vol 7 Spec No, pp. S26–30.
28. Minton J. A., Flanagan S. E., Ellard S. Mutation surveyor: software for DNA sequence analysis. *Methods Mol Biol*, 2011, Vol 688, pp. 143–53.
29. Protsyuk I. V., Grekhov G. A., Tiunov A. V. et al. Shared bioinformatics databases within the Unipro UGENE platform. *J Integr Bioinform*, 2015, Vol 12, № 1, p. 257.

30. Liu Y. Y., Harbison S. A review of bioinformatic methods for forensic DNA analyses. *Forensic Science International: Genetics*, 2018, Vol 33, pp. 117–128.
31. Golosova O., Henderson R., Vaskin Y. et al. Unipro UGENE NGS pipelines and components for variant calling, RNA-seq and ChIP-seq data analyses. *PeerJ*, 2014, Vol 2, p. 644.
32. Okonechnikov K., Golosova O., Fursov M. Unipro UGENE: a unified bioinformatics toolkit. *Bioinformatics*, 2012, Vol 28, № 8, pp. 1166–7.
33. Wang L. T., Lin C. S., Chai C. Y. et al. Functional interaction of Ugene and EBV infection mediates tumorigenic effects. *Oncogene*, 2011, Vol 30, № 26, pp. 2921–32.
34. Vaskin Y. Y., Khomicheva I. V., Ignatieva E. V. et al. ExpertDiscovery and UGENE integrated system for intelligent analysis of regulatory regions of genes. *In Silico Biol*, 2011, Vol 11, № 3–4, pp. 97–108.
35. Guo C., Zhang X., Fink S. P. et al. Ugene, a newly identified protein that is commonly overexpressed in cancer and binds uracil DNA glycosylase. *Cancer Res*, 2008, Vol 68, № 15, pp. 18–26.
36. Porras-Hurtado L., Ruiz Y., Santos C. et al. An overview of STRUCTURE: applications, parameter settings, and supporting software. *Frontiers in Genetics*, 2013, Vol 4, pp. 98.
37. Isaeva E. N., Isaev Yu. S., Seminsky I. Zh. The significance of DNA markers in forensic examination of kinship among ethnic Buryats of the Baikal region of Eastern Siberia. *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*, 2011, Vol 104, No. 5, pp 25–27 (In Russian).
38. Mulero J. J., Hennessy L. K. Next-Generation STR Genotyping Kits for Forensic Applications. *Forensic Sci Rev*, 2012, Vol 24, № 1, pp. 1–13.
39. Van Neste C., Van Nieuwerburgh F., Van Hoofstat D. et al. Forensic STR analysis using massive parallel sequencing. *Forensic Sci Int Genet*, 2012, Vol 6, № 6, pp. 810–8.
40. Aboud M. J., Gassmann M., McCord B. Ultrafast STR Separations on Short-Channel Microfluidic Systems for Forensic Screening and Genotyping. *J Forensic Sci*, 2015, Vol 60, № 5, pp. 1164–70.
41. Aboud M. J., Gassmann M., McCord B. R. The development of mini pentameric STR loci for rapid analysis of forensic DNA samples on a microfluidic system. *Electrophoresis*, 2010, Vol 31, № 15, pp. 2672–9.
42. Agrawal S., Khan F. Reconstructing recent human phylogenies with forensic STR loci: a statistical approach. *BMC Genet*, 2005, Vol 6, pp. 47.
43. Akhteruzzaman S., Ferdous A., Momtaz P. et al. Forensic evaluation of 11 non-standard STR loci in Bangladeshi population. *Leg Med (Tokyo)*, 2013, Vol 15, № 2, pp. 106–8.
44. Alghafri R., Zupanic Pajnic I., Zupanc T. et al. Rapidly mutating Y-STR analyses of compromised forensic samples. *Int J Legal Med*, 2018, Vol 132, № 2, pp. 397–403.
45. Messina F., Finocchio A., Akar N. et al. Enlarging the gene-geography of Europe and the Mediterranean area to STR loci of common forensic use: longitudinal and latitudinal frequency gradients. *Ann Hum Biol*, 2018, Vol 45, № 1, pp. 77–85.
46. Budowle B., van Daal A. Forensically relevant SNP classes. *Biotechniques*, 2008, Vol 44, № 5, pp. 603–610.
47. Giardina E., Spinella A., Novelli G. Past, present and future of forensic DNA typing. *Nanomedicine (Lond)*, 2011, Vol 6, № 2, pp. 257–70.
48. Zidkova A., Horinek A., Kebrdlova V. et al. Application of the new insertion-deletion polymorphism kit for forensic identification and parentage testing on the Czech population. *Int J Legal Med*, 2013, Vol 127, № 1, pp. 7–10.
49. Halder I., Yang B. Z., Kranzler H. R. et al. Measurement of admixture proportions and description of admixture structure in different U.S. populations. *Hum Mutat*, 2009, Vol 30, № 9, pp. 1299–309.
50. Stepanov V., Balanovsky O., Melnikov A. et al. Characteristics of the population of the Russian Federation applying a panel of fifteen loci used for DNA identification and forensic examination. *Acta Naturae*, 2011, Vol 3, No. 2, pp. 59–71 (in Russian).
51. Alvarez-Cubero M. J., Saiz M., Martinez-Garcia B. et al. Next generation sequencing: an application in forensic sciences? *Ann Hum Biol*, 2017, Vol 44, № 7, pp. 581–592.

*Received: 24.01.2019*

*Поступила: 24.01.2019*

## Эксплуатация строительных объектов на основе информационной модели

**Е. В. Борсук**, преподаватель-стажер кафедры строительных конструкций

E-mail: [katherine.borsuk@yahoo.com](mailto:katherine.borsuk@yahoo.com)

УО «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»,  
ул. Ожешко, д. 22, 230023, г. Гродно, Республика Беларусь

**А. С. Давидович**, канд. архитектуры, доцент, заведующий кафедрой  
строительных конструкций

E-mail: [anatold@yandex.by](mailto:anatold@yandex.by)

УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,  
Республика Беларусь, ул. Ожешко, д. 22, 230023, г. Гродно, Респу-  
блика Беларусь

**Аннотация.** В статье выполнены обзор, оценка возможностей и анализ особенностей применения технологии информационного моделирования на таком важном этапе работы, как эксплуатация здания. В настоящее время трехмерное моделирование является перспективным направлением, которое предоставляет неограниченные возможности в реалистичном отображении окружающего мира, а также качественного проведения исследований в сфере управления социально значимыми процессами, в частности, эксплуатации зданий и сооружений. Однако возможности систем автоматизированного проектирования, ряд которых был рассмотрен в статье, остаются недооцененными и редко используются в странах СНГ.

**Ключевые слова:** BIM-технологии; 3D-моделирование; эксплуатация; строительство; информационная модель; BMS-система; IFS формат; 6D-модель

**Для цитирования:** Борсук, Е. В. Эксплуатация строительных объектов на основе информационной модели / Е. В. Борсук, А. С. Давидович // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1 (6). – С. 60–65. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-60-65>



© Цифровая трансформация, 2019

## Operation of Building Objects Based on the Informational Model

**E. V. Borsuk**, lecturer-trainee

E-mail: [katherine.borsuk@yahoo.com](mailto:katherine.borsuk@yahoo.com)

Grodno State University named after Yanka Kupala, 22 Ozheshko Str.  
230023 Grodno, Republic of Belarus

**A. S. Davidovich**, Candidate of Sciences (Architecture), Associate  
Professor, Head of the Department of Building Structures

E-mail: [anatold@yandex.by](mailto:anatold@yandex.by)

Grodno State University named after Yanka Kupala, 22 Ozheshko Str.,  
230023 Grodno, Republic of Belarus

**Abstract.** This article reviews and assesses the possibilities and features of the application of information modeling technology at such an important stage of work as the operation of a building. At present, it becomes more and more obvious that the most promising area of research in the field of managing socially significant processes, including the exploitation of buildings and structures, is undoubtedly the 3D modeling of objects, which provides truly unlimited possibilities in realistic representation of the surrounding world through 3D modeling. However, at the present stage this direction is still very rarely used in the CIS countries, and the possibilities of computer aided design systems are still underestimated, some of which are discussed in this article.

**Key words:** BIM-technologies; 3D-modeling; operation; construction; information model; BMS-system; IFS format; 6D-model

**For citation:** Borsuk E. V., Davidovich A. S. Operation of Building Objects based on the Informational Model. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 1 (6), pp. 60–65 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-60-65>

© Digital Transformation, 2019

**Введение.** Развитие архитектурно-строительной отрасли не стоит на месте. Сравнительно недавно возникло такое явление как BIM-технологии, которые в состоянии оценить и сформировать весь жизненный цикл строительства объекта: проектирование – строительство – эксплуатация – утилизация.

BIM (building information modeling) — информационное моделирование зданий) — подход к возведению, оснащению, обеспечению, эксплуатации и ремонту сооружения, который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации со всеми взаимосвязями и зависимостями, когда сооружение и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект [2].

Сегодня BIM-технологии занимают лидирующие позиции на мировом рынке проектирования зданий и сооружений. Развивается данное направление и в Беларуси: все большее число компаний переходит к работе с использованием информационного моделирования, чтобы максимально оптимизировать процесс проектирования. Этому способствовал Приказ Минстройархитектуры от 27 октября 2014 г. № 298, согласно которому утвержден перечень объектов 1 и 2 класса сложности (в соответствии с СТБ 2331-2014 «Здания и сооружения. Классификация. Основные положения»), проектирование которых должно осуществляться с обязательным применением BIM-технологии [1].

**Основная часть.** Период эксплуатации любого объекта остается самой длительной и наиболее значимой фазой, служащей объективным основанием для фактической оценки инвестиционной состоятельности проекта и эффективности вложенных капитальных вложений.

Первые трудности эксплуатационного порядка возникают на фоне неверно организованного логистического обеспечения, связанного с поставками материалов, что, в свою очередь, приводит к непредвиденным финансовым затратам.

Современные технологии информационного проектирования предоставляют исключительную возможность оценить будущий объект в совокупности всех требуемых свойств и характеристик, и при этом осуществлять контроль за ними еще на стадии проектирования. Такой подход делает возможным прогнозирование

и оптимизацию дальнейших эксплуатационных расходов, а также обеспечение должной рентабельности проекта.

Качественная и своевременно выполненная оценка степени физического износа конструкций и материалов, а также постоянный мониторинг их технического состояния являются важными составляющими для обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений.

Для гарантии комплексной надежности инженерных коммуникационных систем и конструктивных компонентов зданий, необходимо рассматривать мониторинг их технического состояния как элемент единой функциональной системы управления зданием (сооружением) [3].

Наполнение BIM-модели информацией заключается во внесении дополнительных параметров с целью отображения эксплуатационных характеристик оборудования в соответствии с паспортами, сертификатами, каталогами и другими нормативными источниками.

Эксплуатация здания — это 80 % стоимости владения: коммунальные платежи — 2 %, затраты на персонал — 40 %, ремонт — 10 %, утилизация — 5 % [4].

На представленной ниже схеме (рис. 1) демонстрируется зависимость между информационной и геометрической составляющими проекта. Удельный вес информационной составляющей имеет различные значения и зависит от принадлежности к тому или иному этапу жизненного цикла. Как следует из нижеприведенной схемы, именно на последней стадии прослеживается наивысшее значение информационного компонента в общем балансе, следовательно, здесь наиболее целесообразно применить технологию информационного проектирования.

Данные, используемые в BIM-модели в период эксплуатации, должны удовлетворять следующим требованиям:

- необходимое и достаточное количество;
- достоверность и точность (для того, чтобы свести до нуля количество проектных ошибок);
- прозрачность (доступность для контроля со стороны не только управляющих и вышестоящих органов, но и самих исполнителей);
- своевременность получения;
- полнота и полезность.

В отличие от традиционных систем компьютерного проектирования, создающих геометрические 3D-модели, результатом ин-

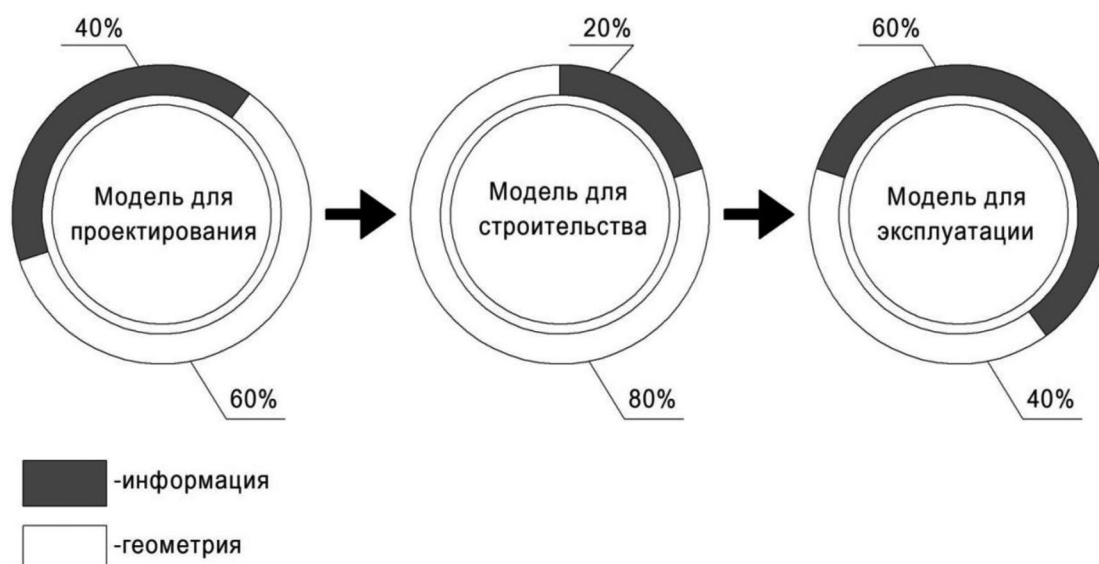


Рис. 1. Соотношение значений геометрии и информации модели на различных этапах жизненного цикла [5]  
 Fig. 1. The relationship between the values of geometry and model information at different stages of the life cycle

формационного моделирования объектов строительства является не только 3D-модель, но и объектно-ориентированная цифровая информационная модель. Отсюда вытекает понятие 6D-модели — эксплуатационной модели, которая содержит данные для процессов эксплуатации и обслуживания. Она включает в себя информацию об обслуживании всех коммуникативных систем, расчеты количества расходов на содержание здания, мониторинг состояния установок и информацию о периодических осмотрах.

Возможности информационной модели на стадии эксплуатации находят свое отражение в следующих функциях:

- управление эксплуатационной документацией, к которой относятся руководства по эксплуатации, инструкции по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия, формуляры, паспорта и иные документы;

- контроль за расходом ресурсов с помощью автоматизированных систем технического учета энергетических ресурсов, которые позволят на непрерывной основе получать, накапливать и предоставлять специалистам информацию о распределении и потреблении энергоресурсов;

- отлаженная эксплуатация инженерной и информационной инфраструктуры. Создание, мониторинг и закрытие плановых и внеплановых заявок выполняется внутри информационного пространства. Заявки формируются автоматически и по приоритетам, инженеру остается только распечатать их;

- учет оборудования и гарантийных обязательств, который приведет к уменьшению операционных и экономических затрат, упрощению бюджетирования и подготовки отчетности;

- оценка эффективности управления, инвентаризация и технический аудит оборудования (комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию производства и повышение эффективности работы парка технического оборудования);

- интеграция с BMS-системой объекта, у которой наиболее важными считаются возможности оптимизации потребляемой электроэнергии, работы различных устройств (кондиционеры, вентиляторы), а также получения существенной экономии в этой области (рис. 2).

В состав системы управления и автоматизации входят:

- подсистема электроснабжения;
- подсистема автоматического регулирования отопления, вентиляции и кондиционирования;

- подсистема контроля за автоматизированными инженерными системами зданий;

- подсистема охранной, пожарной сигнализации и пожаротушения;

- подсистема информации и связи.

Так, например, мониторинг данных с датчиков, дает возможность незамедлительно локализовать участок возникновения аварии. Интеграция с диспетчерской системой здания позволяет также распределить работу между сотрудниками.

Во время жизненного цикла объекта BIM-модель обеспечивает:



Рис. 2. Система управления зданием BMS (Building Management System)  
 Fig. 2. Building management system BMS (Building Management System)

- разумное планирование затрат на текущих и капитальный ремонт здания, обоснование финансовых расходов;
- прогнозирование годового бюджета на эксплуатацию объекта;
- создание концепции развития объекта, плана управления эксплуатацией;
- сопровождение договоров на коммунальные услуги [6].

В результате обобщения всех вышеперечисленных особенностей на основе BIM-модели вводится понятие «электронный паспорт здания» [6]. Одним из наиболее показательных примеров реализации описанной системы служит оперный театр в Сиднее. Его информационная модель объединила кадастровые, землепользовательские, геологические и другие данные, полученные в GIS-форматах из местных и федеральных источников и переведенные в IFC-формат. В основе IFC-формата лежит стандарт ISO, который определяет встроенный набор строительных конструктивных элементов, являясь, таким образом, своеобразной «картой соответствия» при конвертации моделей между программами, поддерживающими формат IFC. Благодаря возможности работы с IFC-файлом, пользователям предоставляется возможность непосредственного преобразования модели для работы в иных программных решениях, которые будут использоваться другими специалистами.

Созданная конструктивная модель была передана в ArchiCAD, где завершилось проектирование уже архитектурной подмодели, из которой извлекались данные и передавались в специализированные FM-программы, отвечающие за управление и эксплуатацию здания.

При моделировании для решения задач управления большое внимание уделялось ви-

зуальному предоставлению количественной информации. В частности, для количественной оценки состояния помещений использовался так называемый Индекс состояния здания (Building Condition Index, BCI), цветная визуализация которого была удобна для пользователей, т. к. позволяла быстро оценить общую ситуацию в помещениях театра (рис. 3).

Поставленная задача использовать BIM для реконструкции, управления и обслуживания здания решалась путем создания комплексной модели, состоящей из основной части и логически определенных подмоделей, содержание которых соответствовало строительственно-техническому, управленческому, логистическому и финансовым задачам [7].

Рассмотрим два способа создания автоматизированной системы эксплуатации на основе продуктов фирмы Autodesk.

Первый — создание «базовой» системы эксплуатации, то есть системы, которая не предполагает использование специализированных программ и приложений для эксплуатации и управления зданием. Информационная модель разрабатывается и оснащается всеми необходимыми данными в программном комплексе Autodesk Revit, далее импортируется в Autodesk Navisworks Freedom для просмотра всеми участниками проекта.

Второй — использование специализированного программного обеспечения Autodesk BIM 360, с помощью которого можно:

- комплектовать строительные чертежи и документы, просматривать изменения между версиями в 2D или 3D;
- иметь доступ к любому компоненту, заложенному в модели;
- просматривать нужную информацию в мобильном приложении.

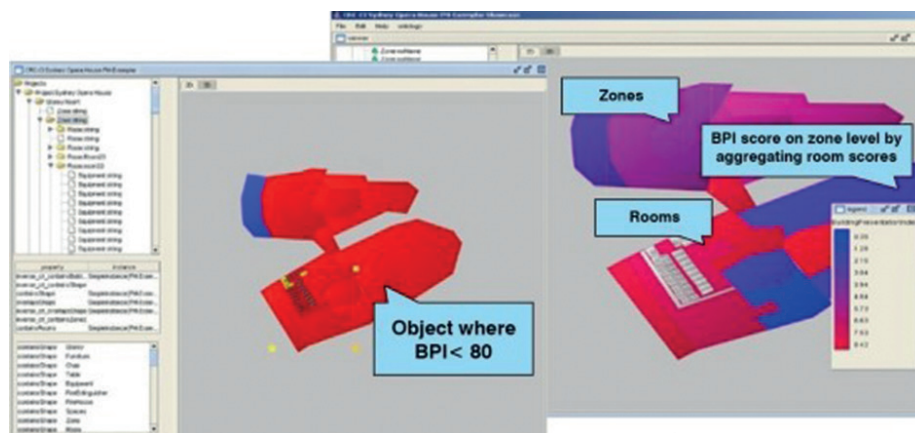


Рис. 3. Визуализация коэффициента BPI (составной части BCI) в специализированном FM-приложении облегчала работу управленческим сотрудникам театра

Fig. 3. Visualization of the BPI coefficient (component of the BCI) in a specialized FM application facilitated the work of the managerial staff of the theater

**Заключение.** В отличие от традиционных систем компьютерного проектирования, для надлежащего моделирования такого важного этапа жизненного цикла здания, как эксплуатация, следует применять 6D- модели, которые содержат данные для современных процессов эксплуатации и обслуживания: информацию о работе с коммуникационными системами, расчеты количества расходов на содержание здания, мониторинг состояния установок и данные о периодических осмотрах.

Рассмотренные системы управления зданием BMS должны найти достойное применение в работе эксплуатирующих организаций по реализации как постоянного обслуживания жилого фонда или исправления чрезвычайных ситуаций, так и планирования текущего ремонта, так как диаграммный подход отображения

информации позволяет выявлять первостепенные задачи, требующие в первую очередь финансирования.

Подводя итог, можно выделить следующие преимущества использования информационных технологий на этапе эксплуатации:

- уменьшение затрат на энергоресурсы объекта (электроэнергия, водоснабжение);
- наличие цифрового архива обо всех принятых решениях;
- доступ к исполнительной документации в любое время;
- точность учетных данных;
- обеспечение безопасности (информация хранится в эксплуатируемых организациях, а не у сторонних компаний);
- улучшенное управление.

## Список литературы

1. О применении BIM-технологии в проектировании [Электронный ресурс]: приказ Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, 27.10.2014 № 298. – Режим доступа: <http://zakonby.net/prikaz/65296-prikaz-ministerstva-arhitektury-i-stroitelstva-respubliki-belarus-ot-27102014-n-298-quoto-primenenii-bim-tehnologii-v-proektirovaniiquot.html>. – Дата доступа: 16.09.2018.
2. Информационная модель здания как основа для использования энергосберегающих технологий при проектировании: материалы молод. науч.-практ. конф., Новосибирск, 16 декабря 2016 г. / Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский Государственный университет гео-систем и технологий». – Новосибирск: СГУГИТ, 2017. – 106 с.
3. Деменев, А. В. Информационное моделирование при эксплуатации зданий и сооружений / А. В. Деменев, А. С. Артамонов // Наукоедение. – Т. 7, №3, 2015.
4. Старков, И. Информационное моделирование жизненного цикла зданий (BIM) в целях управления энергопотреблением / И. Старков // EcoDomus, Inc (США), Москва, 3 октября 2012 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cadtv.ru/aur-2012-informatsionnoemodelirovanie-zhiznennogo-tsikla/#more-1811>. – Дата доступа: 25.08.2018.
5. Чегодаева, М. А. Информационная модель как средство повышения качества эксплуатации объекта / М. А. Чегодаева, Д. С. Тошин // Наука и образование: новое время [Электронный ресурс]. – 2017. – №6 (23). – С. 32–38. – Режим доступа: <https://artikul-us-info.ru/category/05-00-00-tehnicheskie-nauki/?tag=6-noyabr-dekabr-2017-g>. – Дата доступа: 04.09.2018.



6. Эксплуатация зданий с применением BIM-моделей / Графика-Инжиниринг [Электронный ресурс]. – Самара, 2017. – Режим доступа: <http://bimconsult.ru/services/ekspluataczija-zdanij-sprimeneniem-bim-modelej.html>. – Дата доступа: 07.08.2018.
7. Талапов, В. В. Применение BIM к существующим зданиям / В. В. Талапов // Цикл авторских публикаций об информационном моделировании зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=14159](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14159). – Дата доступа: 06.09.2018.

## References

1. Prikaz Ministerstva arhitektury i stroitel'stva Respubliki Belarus' ot 27.10.2014 № 298 "O primenenii BIM-tehnologii v proektirovanii" [Order of the Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus dated 27.10.2014 No. 298 "On the application of BIM-technology in design"] (in Russian).
2. Informacionnaja model' zdanija kak osnova dlja ispol'zovanija jenergosberegajushhih tehnologij pri proektirovanii: materialy molod. nauch.-prakt. konf., Novosibirsk, 16 dekabnja 2016 g. [Information model of the building as a basis for the use of energy-saving technologies in the design: materials young scientific-practical konf. Novosibirsk, December 16, 2016]. Novosibirsk: SGUGiT, 2017. 106 p. (in Russian).
3. Demenev A. V., Artamonov A. S. Information modeling in the operation of buildings and structures. Naukovedenie, v. 7, no 3, 2015 (in Russian).
4. Starkov I. Informacionnoe modelirovanie zhiznennogo cikla zdanij (BIM) v celjah upravlenija jenergotreblenijem [Information modeling of the life cycle of buildings (BIM) for energy management purposes]. Available at: <http://www.cadt.ru/aur-2012-informatsionnoemodelirovanie-zhiznennogo-tsikla/#more-1811> (accessed: 25.08.2018) (in Russian).
5. Chegodaeva M. A., Toshin D. S. Information model as a means of improving the quality of operation of the facility. Nauka i obrazovanie: novoe vremja [Science and Education: A New Time], 2017, No. 6 (23), pp. 32–38. Available at: <https://articulus-info.ru/category/05-00-00-tehnicheskie-nauki/?Tag=6-noyabr-dekabr-2017-g> (accessed: 04.09.2018) (in Russian).
6. Jekspluataczija zdaniij s primeneniem BIM-modelej [Operation of buildings using BIM-models]. Samara, Graphics-Engineering, 2017. Available at: <http://bimconsult.ru/services/ekspluataczija-zdanij-sprimeneniem-bim-modelej.html> (accessed: 08.07.2018) (in Russian).
7. Talapov V. V. Application of BIM to existing buildings. Cycle of author's publications on information modeling of buildings. Available at: [http://isicad.ru/en/articles.php?article\\_num=14159](http://isicad.ru/en/articles.php?article_num=14159) (accessed: 09.06.2018) (in Russian).

*Received: 16.09.2018*

*Поступила: 16.09.2018*

## Активная защита криптоконтейнера как элемент противодействия пассивному сбору персональных данных

**В. А. Курбацкий**, магистр прикладной математики и информационных технологий, инженер-программист

E-mail: i1954@xe.am

ЗАО «Институт информационных инновационных, инвестиционных технологий», пл. Свободы, д. 23, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию проблем обеспечения личной информационной безопасности с учетом влияния Больших данных в условиях современного кризиса информационной безопасности. Человек стремительно погружается в киберпространство, ведет в нем бизнес, проводит финансовые операции, активно получает образовательные и другие социальные услуги. Эти процессы приводят к формированию цифрового следа. В статье рассмотрено явление возникновения цифрового следа человека и процессы, с этим связанные. В частности, рассмотрен процесс формирования новой символической среды повседневной жизни. В результате анализа актуальных проблем личной информационной безопасности в рамках инициативы по созданию защищенной платформы был спроектирован и разработан программный комплекс защиты информации «Криптоконтейнер», принципы которого рассмотрены в данной статье. Предложен альтернативный подход к обеспечению информационной безопасности с учетом личного информационного пространства человека.

**Ключевые слова:** личная информационная безопасность; личное информационное пространство; криптоконтейнер; цифровой след; защищенная платформа

**Для цитирования:** Курбацкий, В. А. Активная защита криптоконтейнера как элемент противодействия пассивному сбору персональных данных / В. А. Курбацкий // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1 (6). – С. 66–75. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-66-75>



© Цифровая трансформация, 2019

## Cryptocontainer's Active Protection as an Element of Countering the Passive Collection of Personal Data

**V. A. Kourbatski**, Master of Applied Mathematics and Information Technology, software engineer

E-mail: i1954@xe.am

CJSC «Institute of Information Innovation, Investment Technologies», 23 Svobody Sq. 220030 Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The article is devoted to the study of the problems of personal information security, taking into account the impact of Big data in the current crisis of information security. A person is rapidly immersed in cyberspace, conducts business in it, conducts financial operations, actively receives educational and other social services. These processes lead to the formation of a digital footprint. The article considers the phenomenon of the digital footprint appearance and the processes associated with it. In particular, considered the formation of a new symbolic environment. The cryptocontainer, complex information protection software, was designed and developed as a result of the actual personal information security problems analysis and as a part of the secure platform creation initiative. Its principles are discussed in this article. An alternative approach to providing information security was proposed, taking into account the personal information space.

**Key words:** personal information security; personal information space; cryptocontainer; digital footprint; secure platform

**For citation:** Kourbatski V. A. Cryptocontainer's active Protection as an Element of Countering the passive Collection of personal Data. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 1 (6), pp. 66–75 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-66-75>

© Digital Transformation, 2019

**Введение.** Большие данные обладают огромным потенциалом, и в каждое мгновение собирается все больше и больше данных о людях, которые делятся информацией о себе как

осознанно (например, через публикации в социальных сетях), так и неосознанно (используя всевозможные «умные» устройства и датчики). Активно способствуют процессу накопления

больших данных и быстроразвивающиеся методы социальной инженерии. На основе этих данных специализированные аналитические алгоритмы могут рассказать очень многое [1].

При анализе социальных процессов традиционно ключевым являлось понимание важности связей между людьми. Сейчас к этому добавляется еще и следующее: связь людей и умных устройств со множеством встроенных механизмов сбора пользовательских данных оказывает огромное влияние практически на все современные сферы общественной жизни, предоставляя потенциально широкие возможности для автоматизированного анализа и прогнозирования процессов, связанных с человеком. Дело в том, что единожды собранные данные в современных условиях хранятся практически неограниченное время и могут быть подвергнуты последующему многократному анализу с появлением новых, более совершенных аналитических алгоритмов, уточняя результаты анализа и открывая новые, до этого неизвестные свойства. Все больше средств вкладывается в инструменты сбора и анализа больших данных, а тема безопасности личного информационного пространства с течением времени становится все актуальнее.

**Основная часть.** Синтетическая реальность. Информационные ресурсы, включающие социальные медиа, конструируют новую символическую среду повседневной жизни. Они моделируют отношение людей к действительности и предлагают эмоциональные, интеллектуальные и поведенческие шаблоны, в той или иной степени оказывающие влияние на человека и общественные ритмы. Доступ к информационным ресурсам имеет свою цену. Человек делится сведениями о себе при регистрации аккаунтов во всевозможных социальных сетях, на форумах и других онлайн-сервисах, и это лишь небольшая часть цифровых следов, которые каждый день оставляет обычный пользователь глобальной сети. Рабочие документы, фотографии, электронные сообщения, данные о контактах, история поисковых запросов, геолокационные метки — все это накапливается на серверах транснациональных компаний, т. к. человек использует их цифровые сервисы. К примеру, в обычном прикладном ПО может быть встроен механизм контроля лицензий, который требует активного сетевого соединения для защиты от несанкционированного распространения. Подобный

алгоритм обычно формирует отпечаток информационной системы, связанной с конкретным человеком или группой людей. Данный отпечаток передается владельцу приложения и может храниться неограниченное время. Понятно, что без анализа (обратного инжиниринга) подобного программного обеспечения и модификаций, включающих удаление или блокировку соответствующих элементов программной логики, избавиться от необходимости периодического «выхода в сеть» не представляется возможным. Однако, обратный инжиниринг считается прямым нарушением лицензионного соглашения при работе с большинством закрытого ПО, требует специальных навыков и практически неприменим в реальных условиях. Таким образом, разработчики программного обеспечения, загоняют нас в выстроенные ими рамки, ограничивающие поле для построения персональной безопасной информационной среды. С точки зрения разработчика это преподносится как вынужденная мера, а вот с точки зрения пользователя — как существенная угроза личной информационной безопасности. Таким образом компании получают возможность использовать собранные данные по своему усмотрению (например, анализируя их в совокупности с другими собранными данными и предлагая пользователю контекстную рекламу на их основе и т. д.), а при желании даже продать или передать их третьим лицам. Могут существовать теневые биржи больших данных, о которых мы не догадываемся [2].

Можно рассмотреть известные случаи одностороннего ультимативного принуждения человека к раскрытию персональной информации со стороны компаний-владельцев популярных сетевых сервисов. Так, к примеру, в рамках очередной версии пользовательского соглашения сервисов Google [3], было постановлено, что согласно новой политике обработки персональных данных, компания может собирать и хранить: личную информацию о пользователях, оставленную при создании учетной записи, информацию из служб, с которыми работает пользователь, а также поисковые запросы, IP-адреса, сведения о местоположении пользователя, информацию о маршруте мгновенных сообщений, cookie-файлы, пользовательские идентификаторы. С внесением изменений, которые были сделаны в одностороннем порядке (у пользователя, имеющего почту, документы и другие данные на серверах Google,

попросту не оставалось другого выхода), претерпела изменения и политика конфиденциальности. С этого момента пользователю стало доступно «удаление» своей личной информации из электронных сервисов компании, однако Google оставляет за собой право хранить ее копии. Собираемые данные, с точки зрения компании, используются только в «благих целях»: для предоставления информации другим пользователям, а также для повышения эффективности работы различных сервисов. Однако серия публичных событий, связанных с Google, говорит об обратном. В частности, в 2012 году компания выдала американским спецслужбам содержание электронных писем, метаданные, сведения о подписках, а также другие данные сотрудников Wikileaks и лишь спустя два с половиной года уведомила их об этом [4].

Компания Facebook, владелец одноименной социальной сети, пошла еще дальше и, согласно пользовательскому соглашению, владельцы аккаунтов теперь обязаны иметь только актуальную информацию на своей странице. Например, номер телефона должен быть

актуализирован в течение двух суток после его редактирования. Это свидетельствует о «диктаторском» отношении компаний к пользовательскому контенту. Так, Instagram, согласно правилам использования, которые опубликованы для пользователей только на английском языке, фиксирует передачу всех авторских прав на опубликованные фото и видео компании Facebook, официально являющейся владельцем ресурса Instagram [5].

Человек, пожелавший удалить персональные данные из баз данных социальной сети или, например, сервиса электронной почты, не всегда может сделать это в полной мере. Пользовательские соглашения многих цифровых сервисов позволяют «удалить» аккаунт, скрыв информацию, но сами данные о человеке так и останутся на серверах.

Данные, образующие цифровой след личности, можно условно разбить на четыре типа, представленные в таблице 1. Предложенная автором классификация отражает субъективный взгляд на разбиение персональных данных по типам.

Таблица 1. Примеры данных, формирующих цифровой след личности  
Table 1. Examples of data forming a digital footprint

Тип	Примеры данных
Статические	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ФИО</li> <li>– Место рождения</li> <li>– Серия и номер паспорта</li> <li>– Информация о водительском удостоверении</li> <li>– Страховой номер индивидуального лицевого счета</li> </ul>
Непостоянные	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Номер телефона</li> <li>– Адрес места жительства</li> <li>– Идентификатор в социальной сети</li> <li>– Адрес электронной почты</li> </ul>
Побочные	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Информация о сессии доступа в глобальную сеть</li> <li>– Список использованных IP-адресов</li> </ul>
Связи	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Контакты</li> <li>– Информация о семейных связях</li> <li>– Рабочие связи</li> <li>– Список контактов электронной почты</li> </ul>

Совокупность таких сведений представляет собой семантическую сеть, содержащую относительно подробную информацию о личности. Эти данные формируют виртуальный прообраз личности, являющийся частичным отражением реальной личности человека.

Во времена глобальной геополитической нестабильности, огромных усилий стоит сохранение государственного суверенитета, в том числе и информационного. Однако, как и в случае с обеспечением кибербезопасности, важной составляющей государственного цифрового суверенитета является цифровой суверенитет человека, но, похоже, человек его утратил [6; 7].

Помимо вопроса о безопасности персональных данных, существует и другой: а принадлежат ли еще нам наши мысли? Часто можно услышать заявления, начинающиеся со слов «я думаю», «я считаю», «по-моему». Обычно человек практически уверен в том, что то, что он думает и говорит является прямым отражением его сущности. Сегодня, когда скорость обмена информацией возросла на порядки, короткие посты со смешными картинками в социальных сетях заменили книги, доступ к миллиардной аудитории находится на расстоянии одного нажатия, а грань между человеком реальным и его виртуальным прообразом стремительно разрушается. Можем ли мы быть так уверены в том, что наши мысли все еще наши? Цифровые социальные сервисы в большинстве своем не служат цели кристаллизации общественной морали и ценностей, а преследуют коммерческие интересы и становятся площадками, используемыми для манипулирования общественным мнением, политическими взглядами и даже могут повлиять на выбор того, что мы будем есть на обед. Проникновение в личное информационное пространство сегодня тотально, а репутация в онлайн-среде для многих неотделима от реальной жизни. Среднестатистический пользователь социальных медиа не аналитичен и зачастую склонен не подвергать каким-либо сомнениям подготовленный для него легкоусваиваемый информационный контент. В то же время, интеллектуальные алгоритмы социальных сетей научились адаптивно подбирать каждодневный информационный «рацион». Благодаря обратной связи и анализу реакции, алгоритмы со временем могут все точнее определять «то, что нам нужно», подобно хорошему врачу-диетологу. В умелых руках

такой инструментарий может быть использован как угодно: от банального извлечения коммерческой выгоды до элемента геополитической стратегии.

А что обычный человек может противопоставить всем этим цифровым инструментам шпионажа и манипуляции, разработка которых профинансирована из многомиллиардных бюджетов гигантских корпораций при поддержке спецслужб [1; 8; 9; 10]? Привычные для всех артефакты личной кибербезопасности, такие как антивирусные сканеры, уже не спасут, так как борьба за цифровой суверенитет уже давно вышла за рамки цифрового пространства и ведется в рамках глобального геополитического противостояния [2]. Возникает потребность в разработке совершенно иной доктрины цифровой безопасности и эффективного инструментария, способного дать ответ на новые вызовы.

**Криптоконтейнер. Защищенная платформа.** Программный комплекс защиты информации (ПКЗИ) «Криптоконтейнер» создается как элемент вышеупомянутого инструментария и призван выполнять функцию обеспечения личной информационной безопасности при различных сценариях взаимодействия пользовательской среды с информационными экосистемами предприятий и государства. При этом не исключается возможность полностью автономного использования данного комплекса для персональных нужд защиты информации. Ряд элементов криптоконтейнера и защищенной платформы нацелен на снижение информационного шума, создаваемого в процессе взаимодействия человека и информационной среды, тем самым способствуя подавлению цифрового следа, за которым «охотятся» вышеупомянутые механизмы сбора и анализа данных, интегрированные в повседневно используемые человеком программные продукты. Ниже предлагается таблица потенциального влияния криптоконтейнера в совокупности с другими элементами защищенной платформы на цифровой след человека (таблица 2).

«Криптоконтейнер» призван заполнить нишу обеспечения личной информационной безопасности при различных сценариях взаимодействия пользовательской среды с информационными экосистемами предприятий и государства.

Технически ПКЗИ «Криптоконтейнер» представляет из себя набор программных

Таблица 2. Потенциальное влияние криптоконтейнера и других элементов защищенной платформы на цифровой след человека

Table 2. Potential impact of the crypto container and other elements of the secure platform on the digital footprint of a person

Элементы защищенной платформы	Эффекты
Криптоконтейнер	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Криптографически защищенная репликация и контроль целостности пользовательских данных при хранении, использовании и синхронизации ограничивает доступ к ним третьих лиц, исключая возможность внешнего анализа на уровне содержания</li> <li>– Использование только встроенного механизма децентрализованной синхронизации может целиком исключить потребность в передаче данных на сервера третьей стороны</li> <li>– Встроенный механизм обмена данными позволяет избежать компрометацию сведений об информационном окружении человека, убирая потребность в раскрытии данных об адресатах третьей стороне</li> </ul>
Сетевой анализатор + экран	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Постоянный анализ и контроль сетевой активности позволяет ограничить «выбросы» пользовательских данных, тем самым снижая вероятность пассивной утечки потенциально значимой для идентификации сведений о человеке информации</li> </ul>
Обозреватель	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сигнатурное сканирование и удаление трекеров, всевозможных счетчиков, виджетов социальных сетей и прочих сторонних элементов из загружаемого кода веб-страниц позволяет снизить заметность пользовательской сетевой активности для сторонних сервисов</li> <li>– Обновляемая база небезопасных ресурсов в совокупности с использованием эвристического анализа и возможностями настройки ограничений как на уровне отдельного клиента, так и на уровне предприятия, позволяет найти компромиссный вариант между безопасностью и потенциалом глобальной сети</li> </ul>
Почтовый сервис	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Использование децентрализованной сети криптоконтейнера для хранения писем и вложений в совокупности с возможностью использования децентрализованного SMTP позволяет использовать привычные почтовые сервисы лишь в качестве точек сбора почты, приходящей на уже закрепленные за пользователем адреса</li> <li>– Поддержка шифрования позволяет организовать безопасный обмен почтовыми сообщениями, затрудняя возможность проведения анализа содержания писем и вложений третьей стороной</li> </ul>

Элементы защищенной платформы	Эффекты
<p>Система обмена мгновенными сообщениями</p>	<p>– Асимметричное шифрование и одноранговая архитектура сети позволяют исключить наличие централизованного сервера третьей стороны для организации обмена мгновенными сообщениями</p> <p>– Шифрование сведений о человеке в рамках децентрализованной сети и возможность персонального разграничения уровней доступа к этим сведениям самим человеком за счет использования отдельных криптографических ключей для каждого элемента социального профиля позволяет избежать раскрытия данных об адресатах при обмене мгновенными сообщениями</p>

средств, реализующих кроссплатформенный инструментарий для безопасного хранения, управления и обмена пользовательскими данными и приложениями. Инструмент предоставляет пользователю безопасную интегрированную среду с низким порогом входа. Криптоконтейнер позволяет создать криптографически защищенную репликацию любых пользовательских данных и обеспечить их доступность на всех пользовательских устройствах, независимо от используемой операционной системы (рис. 1).

Криптоконтейнер использует изолированные области памяти в процессе работы, так называемые песочницы. Это позволяет разбить пользовательскую среду на самодостаточные не конфликтующие зоны для безопасной работы с различными категориями данных даже в недоверенных средах [11].

Система хранения данных в рамках криптоконтейнера спроектирована таким об-

разом, что позволяет использовать для синхронизации практически любые доступные решения. Это может быть как p2p-обмен между устройствами в рамках локальной пользовательской или корпоративной сети, так и облачные сервисы. Для этой цели была разработана кроссплатформенная библиотека синхронизации, которая реализует базовый функционал синхронизации данных и предоставляет универсальный программный интерфейс синхронизации для приложений, построенных на базе защищенной платформы (рис. 2) [12].

Криптоконтейнер реализует программный интерфейс для внешних расширений, с помощью которых возможно подстроить функционал под различные задачи и требования. В частности, реализован модуль активного мониторинга выделенной области памяти с целью исключения внешнего вмешательства в процесс работы криптоконтейнера. В данном случае можно провести аналогию с активной



Рис. 1. Общая схема логических слоев криптоконтейнера  
Fig. 1. General scheme of logical layers of the crypto container

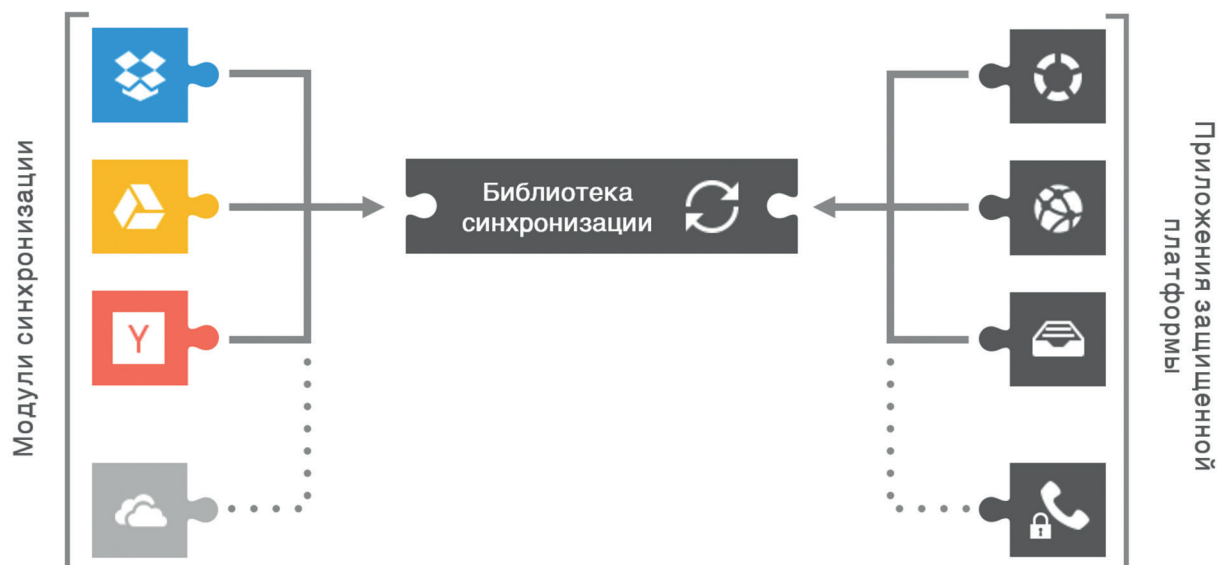


Рис. 2. Модульная подсистема синхронизации  
Fig. 2. Modular synchronization subsystem

защитой для военной техники: в то время как криптографические средства в рамках криптоконтейнера предоставляют крепкую «броню» для размещенной под ней информации, модуль активной защиты не позволяет угрозам даже подобраться к безопасной зоне.

При этом в основе пользовательского интерфейса «криптоконтейнера» лежит идея максимальной доступности технологий защиты информации для человека, которая, при этом, не ограничивает возможности глубокой конфигурации инструментов по мере необходимости. В качестве примера, на рисунках 3 и 4 приведены изображения интерфейса управления хранилищами криптоконтейнера, главного окна основного приложения.

Для наглядности, проиллюстрируем работу криптоконтейнера на примере синхронизации пользовательского программного обеспечения и генерируемых в процессе его использования данных:

1. Пользователь, работая на некотором устройстве, помечает программу X как элемент криптоконтейнера.

2. В настройках криптоконтейнера пользователь отмечает Яндекс.Диск, Dropbox и локальную сеть в качестве целей для синхронизации.

3. Криптоконтейнер создает репликацию бинарного файла программы X, директории с конфигурацией программы и директории с пользовательскими данными внутри криптографически защищенного хранилища, создает изолированную область памяти для исполне-

ния программы, разбивает данные на части и применяет обработчики для выбранных целей синхронизации. В результате данные синхронизируются между пользовательскими устройствами в локальной сети, а также размещаются в зашифрованном виде в облачных хранилищах.

4. При использовании другого устройства, пользователь будет иметь актуальную версию данных, самой программы, ее конфигурации и сможет продолжить работу прямо с того места, на котором закончил.

5. После завершения работы, криптоконтейнер шифрует хранилище на личном ключе пользователя и очищает выделенную область памяти.

**Заключение.** В эпоху цифровой трансформации, одна из основных проблем безопасности информации заключается в том, что при интенсивном развитии информационно-коммуникационных технологий существует ощутимый недостаток времени и ресурсов для экспертной оценки повсеместно используемых программных продуктов (средств хранения, обработки и передачи данных; протоколов и т. д.) и выработки эффективной стратегии защиты информации (как персональной, так и корпоративной, государственной). Традиционно мы привыкли, что в первую очередь необходимо обеспечить информационную безопасность государства и предприятий, а личная информационная безопасность обеспечивается по остаточному принципу и зачастую это полностью ложится на плечи самого человека (как правило, не являюще-



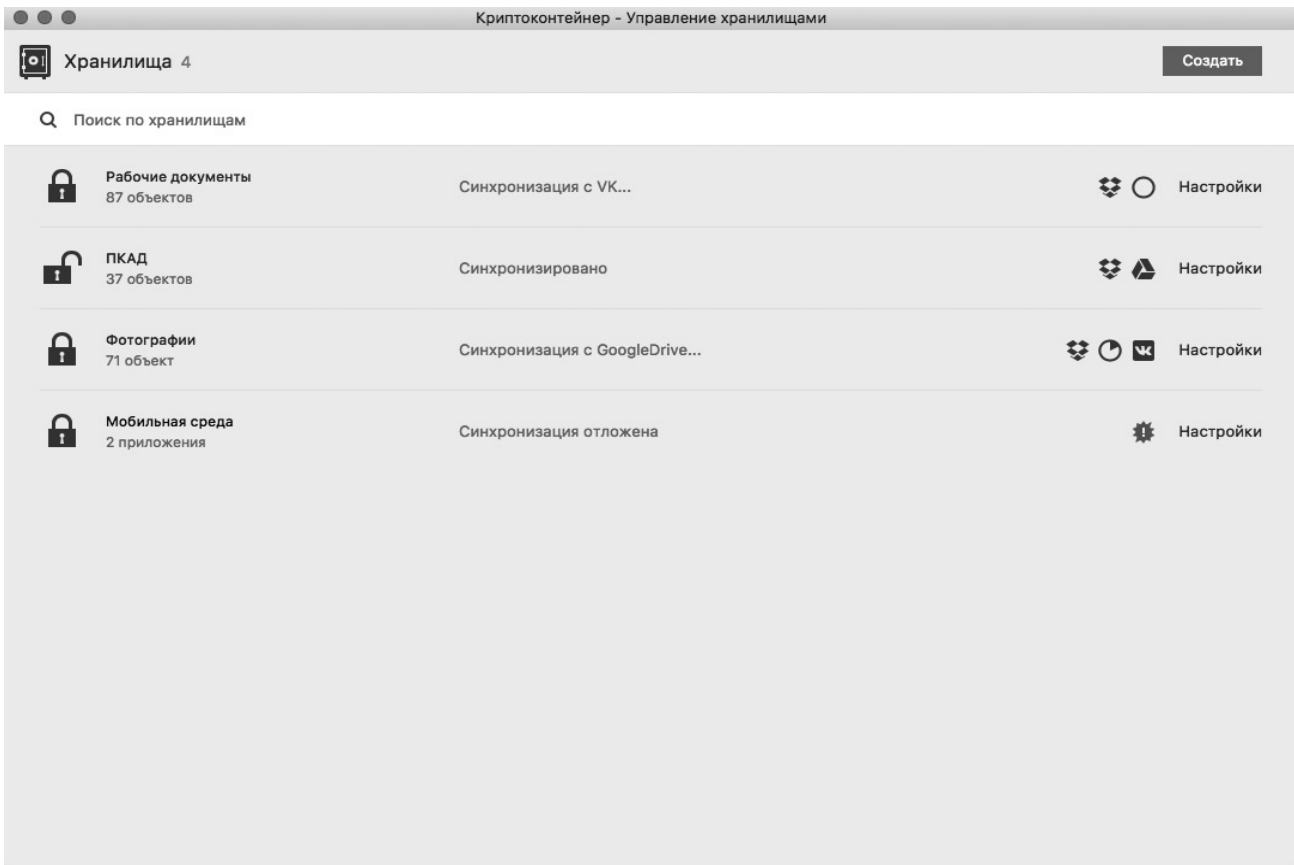


Рис. 3. Интерфейс управления хранилищами криптоконтейнера  
 Fig. 3. Control interface stores crypto container

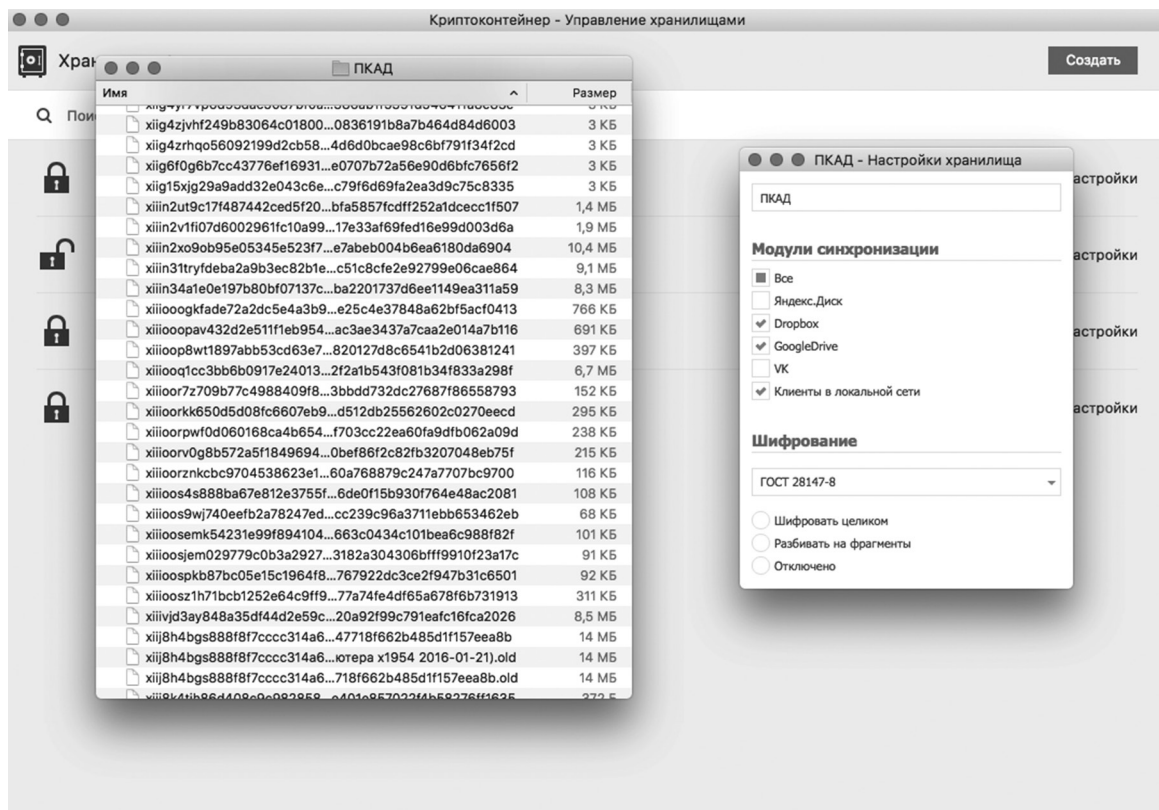


Рис. 4. Окно управления хранилищем и отображение блоков хранилища в файловой системе  
 Fig. 4. Storage management window and display of storage blocks in the file system

гося экспертом в области информационной безопасности). Как следствие — мы тратим множество ресурсов на создание сложных информационных систем для предприятий и государства, которые во многих реальных сценариях все равно остаются крайне уязвимыми из-за необходимости взаимодействия с персональными информационными средами, безопасность которых пока не может гарантировать ни одна подобная система. С течением времени, развитие информационных технологий не только открывает перед нами очередные возможности, но и формирует новые, все менее

прогнозируемые и потенциально очень серьезные вызовы с точки зрения информационной безопасности. Нам необходимо заложить концептуальный фундамент обеспечения комплексной информационной безопасности систем различного масштаба, и подкрепить его эффективным инструментарием, учитывая при этом и личную информационную безопасность. В противном случае, если продолжать игнорировать информационную безопасность на уровне личного информационного пространства, последствия для цифрового суверенитета могут стать катастрофическими.

## Список литературы

1. Гриняев, С. Н. Поле битвы – киберпространство: Теория, приемы, средства, методы и системы ведения информационной войны / С. Н. Гриняев. – Москва: Издательство Харвест, 2004. – 448 с.
2. Коровин, В. М. Третья мировая сетевая война / В. М. Коровин. – Санкт-Петербург: Издательство Питер, 2014. – 352 с.
3. Условия использования Google [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://policies.google.com/terms?hl=ru&gl=ru>. – Дата доступа: 16.03.2019.
4. Google hands data to US Government in WikiLeaks espionage case [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://wikileaks.org/google-warrant/Letter-to-Google.html> – Date of access: 16.03.2019.
5. Instagram Terms of Use [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://instagram.com/about/legal/terms/> – Date of access: 16.03.2019.
6. Курбацкий, А. Н. Системная актуализация проблемы информационной безопасности личности / А. Н. Курбацкий // Проблемы безопасности и противодействия терроризму. – Москва: МЦНМО, 2008. – С. 110–117.
7. Курбацкий, А. Н. Личная информационная безопасность и правила поведения в виртуальном пространстве / А. Н. Курбацкий // Вопросы защиты информации. – 2014. – No 4. – С. 218–224.
8. Project «Weeping Angel» specification [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://wikileaks.org/vault7/#Weeping%20Angel> – Date of access: 25.03.2019.
9. Project «Pandemic» specification [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://wikileaks.org/vault7/#Pandemic> – Date of access: 25.03.2019.
10. Project «Angelfire» specification [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://wikileaks.org/vault7/#Angelfire> – Date of access: 25.03.2019.
11. Харин, Ю. С. Криптология / Ю. С. Харин, С. В. Агиевич, И. Л. Васильев, Г. В. Матвеев; под ред. Ю. С. Харина. – Минск: Изд. центр БГУ, 2013. – 511 с.
12. Таненбаум, Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум. – Санкт-Петербург: Издательство Питер, 2003. – 877 с.

## References

1. Grinyaev S. N. Pole bitvy – kiberprostranstvo: Teoriya, priemy, sredstva, metody i sistemy vedeniya informacionnoj vojny [Cyberspace: Theory, Techniques, Means, Methods and Systems of Information Warfare]. Moscow: Harvest Publ., 2004. 448 p. (in Russian).
2. Korovin V. Tret'ya mirovaya setevaya vojna [The Third World Network War]. St. Petersburg: Piter Publ., 2014. 352 p. (in Russian).
3. Usloviya ispol'zovaniya Google [Google Terms of Use]. Available at: <https://policies.google.com/terms?hl=ru&gl=ru> (accessed: 16.03.2019) (in Russian).
4. Google hands data to US Government in WikiLeaks espionage case. Available at: <https://wikileaks.org/google-warrant/Letter-to-Google.html> (accessed: 16.03.2019).
5. Instagram Terms of Use. Available at: <https://instagram.com/about/legal/terms/> (accessed: 16.04.2019).
6. Kourbatski A. N. The system actualization of information security problems of the personality. Problemy bezopasnosti i protivodejstviya terrorizmu [Problems of safety and counteraction to terrorism]. Moscow: MCCME, 2008, pp. 110–117 (in Russian).
7. Kourbatski A. N. Personal information security and code of conduct in the virtual space. Voprosy zashchity informacii [Information security issues], 2014, no. 4, pp. 218–224 (in Russian).
8. Project «Weeping Angel» specification. Available at: <https://wikileaks.org/vault7/#Weeping%20Angel> (accessed: 25.03.2019).

9. Project «Pandemic» specification. Available at: <https://wikileaks.org/vault7/#Pandemic> (accessed: 25.03.2019)
10. Project «Angelfire» specification. Available at: <https://wikileaks.org/vault7/#Angelfire> (accessed: 25.03.2019)
11. Kharin Y. S., Agiyevich S. V., Vasiliev I. L., Matveyev G. V. Kriptologiya [Cryptology]. Minsk: BSU Publ., 2013. 511 p. (in Russian).
12. Tanenbaum E. Raspredelemnnye sistemy. Principy i paradigmy [Distributed systems. Principles and paradigms]. St. Petersburg: Piter Publ., 2003. 877 p. (in Russian).

*Received: 18.03.2019*

*Поступила: 18.03.2019*

## Алгоритм оптимизации выбора сжимаемых данных

**Е. В. Моженкова**, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры микропроцессорных систем и сетей ИИТ

E-mail: [Elena.Mozhenkova@gmail.com](mailto:Elena.Mozhenkova@gmail.com)

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», ул. Козлова, д. 28, 220037, г. Минск, Республика Беларусь

**Т. О. Титовец**, студент кафедры информационных систем и технологий ИИТ

E-mail: [nefelim4ag@gmail.com](mailto:nefelim4ag@gmail.com)

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», ул. Козлова, д. 28, 220037, г. Минск, Республика Беларусь

**А. И. Парамонов**, к. т. н., доцент, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий

E-mail: [anton\\_paramonov@tut.by](mailto:anton_paramonov@tut.by)

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», ул. П. Бровки, д. 6, 220013, г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема эффективности работы алгоритмов сжатия данных. Выполнен анализ эффективности скоростных характеристик сжатия данных файловой системы Btrfs ядра Linux. Предложен алгоритм оптимизации выбора данных для сжатия в режиме реального времени. Описанный алгоритм с допустимой точностью дает ответ на вопрос— необходимо ли сжимать данные. Это позволяет значительно сократить использование вычислительных мощностей. Определены основные характеристики производительности описанного алгоритма.

**Ключевые слова:** технологии хранения данных; сжатие данных; Btrfs; Linux

**Для цитирования:** Моженкова, Е. В. Алгоритм оптимизации выбора сжимаемых данных / Е. В. Моженкова, Т. О. Титовец, А. И. Парамонов // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1 (6). – С. 76–80. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-76-80>



© Цифровая трансформация, 2019

## Optimization Algorithm for Selecting Compressible Data

**E. V. Mozhenkova**, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of Microprocessor Systems and Networks Department of IIT

E-mail: [Elena.Mozhenkova@gmail.com](mailto:Elena.Mozhenkova@gmail.com)

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 28 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus

**T. O. Titovets**, Student of Information Systems and Technologies Department of IIT

E-mail: [nefelim4ag@gmail.com](mailto:nefelim4ag@gmail.com)

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 28 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus

**A. I. Paramonov**, Candidate of Sciences (Technology), Associate Professor of Information Technology Software Department

E-mail: [anton\\_paramonov@tut.by](mailto:anton_paramonov@tut.by)

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 6 P. Brovka Str., 220013 Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The article deals with the problem of the efficiency of data compression algorithms. The analysis of the effectiveness of the speed characteristics of data compression of the Btrfs file system of the Linux kernel has been performed. An algorithm for optimizing the choice of data for real-time compression is proposed. The described algorithm gives the answer with an acceptable accuracy whether it is necessary to compress the data. This can significantly reduce the use of computing power. The main performance characteristics of the described algorithm are determined.

**Key words:** data storage technologies; data compression; Btrfs; Linux

**For citation:** Mozhenkova E. V., Titovets T. O., Paramonov A. I. Optimization Algorithm for Selecting Compressible Data Operation of Building. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 1 (6), pp. 76–80 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-76-80>

**Введение.** Объемы цифровых данных, которые необходимо хранить, ежедневно растут с большой скоростью. Существующие технологии хранения данных уже в полной мере не удовлетворяют запросам потребителей и нуждаются не только в модернизации, но и в разработке принципиально новых подходов для обеспечения большей эффективности. Сегодня их разработка является одной из актуальных задач ИТ.

Системы хранения данных от компаний IBM, HP, NetApp решают эту проблему через механизм сжатия данных в процессе записи. Такую возможность предоставляют и некоторые современные файловые системы (NTFS, Btrfs, ZFS), которые поддерживаются в различных операционных системах [1, 2].

При оценке эффективности работы сжатия, записи и чтения данных учитываются характеристики центрального процессора и время доступа к диску. Поэтому для обеспечения заданного уровня качества обслуживания QoS (скорость/время доступа), степеней сжатия и других характеристик приходится применять различные алгоритмы хранения и сжатия данных в файловой системе и системах хранения данных.

В работе выполняется анализ эффективности скоростных характеристик процесса сжатия данных и предлагаются пути решения по оптимизации работы алгоритмов сжатия в режиме реального времени.

**Основная часть.** Рассмотрим возможности оптимизации работы файловой системы Btrfs ядра Linux в части сжатия данных. Файловая система Btrfs, аналогично другим, может сжимать данные в буфере во время записи информации на диск либо пережимать их после записи. В последнем случае появляется вероятность возникновения ошибки вида `false negative` (не сжимать сжимаемое) [3]. Степень и алгоритм сжатия файла зависит от структуры данных: конфигурационные файлы — легко сжимаемы, в отличие от медиа данных,

© Digital Transformation, 2019  
которые не поддаются дальнейшему сжатию lossless алгоритмами без потерь [4]. Поэтому для дальнейшего исследования предлагается разделить данные на две категории: «легко сжимаемые» (например, нули) и «трудно сжимаемые» (например, зашифрованные или уже сжатые файлы).

Любые данные перед сжатием разбиваются на блоки 8–128 килобайт, чтобы при обращении к байту в пределах сжатой части данных, распаковывать не весь файл, а только соответствующий контейнер. Такой подход ограничивает объемы данных, которые подаются на вход алгоритма сжатия для обработки. Несжимаемые данные, будут записаны на диск «как есть», а сжимаемые — в сжатом контейнере.

Файловая система Btrfs использует следующие библиотеки сжатия: ZLIB, LZOX1, ZSTD [5]. Каждая из этих библиотек применяет различные алгоритмы сжатия и требует разное количество времени на выполнение. Учитывая тот факт, что сжатие происходит непосредственно при записи, время, которое потратит алгоритм, играет существенную роль, так как увеличивается время отклика операционной системы при записи данных на диск. Алгоритмы сжатия не гарантируют определенную скорость сжатия, и как следствие — нагрузка на центральный процессор изменяется в зависимости от характера входных данных. Эти алгоритмы меняют свое поведение в зависимости от ключа, определяющего «насколько сильно стараться сжать данные». В работе предлагается абстрагироваться от конкретного алгоритма сжатия и анализировать структуру сжимаемых файлов с целью оптимизации запуска алгоритма сжатия путем определения возможности сжатия данных.

Эффективность скоростных характеристик сжатия данных анализируется на примере двух файлов размером 1 мегабайт: один файл заполнен нулями, другой — случайными числами. Характеристики исследуемых файлов представлены в таблице 1. Сжатие данных вы-

Таблица 1. Характеристики исследуемых файлов  
Table 1. Characteristics of the files under investigation

Формат контейнера архива	Уровень сжатия	Содержимое файла	Время сжатия (мс)
Xz	-9	Zeroes	~50
Xz	-9	Random	~700

полняется в формате контейнера для архивов Xz, использующего алгоритм сжатия LZMA2. Уровень сжатия позволяет снизить размер данных, но время архивации может значительно увеличиваться.

На основе анализа времени сжатия файлов, можно сделать вывод, что попытки сжатия заведомо несжимаемых данных (категория «трудно сжимаемых») требует в 14 (~700/50) раз больше вычислительных ресурсов компьютера. Это позволило сформулировать задачу оптимизации алгоритма сжатия: по исходным данным определить, стоит ли их сжимать, еще до начала запуска процесса сжатия. При этом, для достижения эффекта необходимо, чтобы механизм определения возможности сжатия данных работал значительно быстрее, чем сам алгоритм сжатия.

Для файловой системы Btrfs предложен и реализован алгоритм быстрого определения сжимаемости данных, который включает следующие шаги:

1. Сэмплирование (выборка) входного потока данных. Метод удобен для профилирования на наборах данных и не требует затрат времени. Выбираются данные блоками размером 16 байт с интервалом 256 байт.

2. Проверка на повторяющийся паттерн для гарантированного сжатия.

3. Подсчет количества типов символов, который позволит заранее определить структуру данных — относится она к разряду легко сжимаемых или требующих дополнительного анализа.

4. Подсчет количества символов составляющих основную массу (90 %) объема входных данных — определение распределения типов байтов по гистограмме. Если распределение не является близким к непрерывному равномерному распределению, а ближе к нормальному, то данные с большой вероятностью сжимаемы.

5. В случае, если данные сложно отнести к обоим типам распределения, требуется дополнительный анализ — подсчет уровня

энтропии по Шеннону (расчет количества бит, необходимый для кодирования входной последовательности).

Предложенный алгоритм многоуровневый. Основное его назначение — выдать ответ с допустимой точностью и как можно быстрее, необходимо ли сжимать данные.

Рассмотрим применение алгоритма на примере входного массива байт размером до 128 килобайт. Обработать их целиком трудозатратно, поэтому применяем выборку методом Systematic sampling (систематическая выборка), т. к. он предсказуем, удобен для профилирования на наборах данных и не требует дополнительных вычислений (затрат времени) при реализации [6]. Выбираем блоки данных с интервалом 256 байт, размером 16 байт ( $131\,072 / 256 = 512$  блоков,  $512 \times 16 = 8192$  байт выборки).

Объем выборки для работы алгоритма по входным данным определяется следующим образом. Желательно, чтобы каждый элемент поля встречался хотя бы 5 раз. В случае с несжимаемыми данными на входе — типы байтов будут равномерно распределены. Определяется размер сэмпла:  $256 \times 5 = 1280$  байт.

Для работы других алгоритмов, в частности энтропии Шеннона, используется массив счетчиков. В качестве базового блока используется байт — это  $2^8 = 256$  вариантов набора бит. Этот массив будет отображением конечного поля Галуа с порядком 256.

Если взять выборку данных, то даже при минимальных вычислительных ресурсах можно быстро проверить состоит ли счетчик из одинаковых байтов (делением на 2) и затем проверкой совпадения частей (функция *teststr()*). Если части совпадут, то производится расчет, сколько раз встречается каждый байт в выборке (это дешевая операция, т. к. байт можно использовать как адрес в массиве счетчиков, что приводит к линейной сложности поиска нужного счетчика  $O(1)$ ).

При наличии конечного поля Галуа, которое заполнено уникальными элементами,

и при известном числе вхождений каждого элемента входные данные анализируются последовательно таким образом (в порядке увеличения вычислительной сложности применяемых алгоритмов):

1. Расчет количества элементов из 256 возможных, которые содержатся в массиве (т. е. проверить, сколько счетчиков имеет не нулевое значение). Данные можно отнести к ряду легко сжимаемых или требующих дополнительного анализа, если знать это значение.

Например, если количество уникальных символов лежит в интервале 0–64, то с очень большой вероятностью это текст (или аналогичные по сложности сжатия данные). Представим, что данные будут сжаты с использованием кода Хаффмана. Поскольку набор входных данных состоит из 64 элементов или меньше, то их можно закодировать с использованием  $\log_2(64) = 6$  бит, что с высокой уверенностью дает возможность сжать данные минимум на 25 % ( $100 - \log_2(64) \times 100 / \log_2(256)$ ). В случае если количество элементов лежит не в этом диапазоне нельзя вернуть ответ «Данные сжимаемы». Как следствие — нужен дополнительный анализ.

2. Массив счетчиков представляется в виде гистограммы, и на базе этого проводится дополнительный анализ — поиск пиков и определение насколько эти пики выражены.

В качестве алгоритма реализации выполняются следующие действия:

а) счетчики сортируются по убыванию, чтобы свести к минимуму сложность анализа;

б) расчет количества счетчиков, сумма элементов которых приведет к преодолению порога в 90 % от общего количества байтов в выборке. В зависимости от «выраженности» пиков (т. е. от разброса их значений) будет изменяться количество элементов, которое требуется для преодоления порога.

Эмпирическим путем была выявлена закономерность соответствия частоты повторения символа в интервалах сжимаемости данных:

- 0–64 — данные будут легко сжиматься;
- 200–256 — гистограмма демонстрирует распределение близкое к равномерному. Так как данные имеют равномерное распределение, они с большой вероятностью не сжимаемы.

При использовании кода Хаффмана для сжатия, ярко выраженные пики могут быть закодированы малым количеством байт, а остальная часть данных оставлена как есть. Алгоритм может сообщить: «Попробуй сжать данные», «Данные не сжимаемы».

3. Использование метода оценки энтропии по Шеннону. На данном этапе уже известно число элементов в выборке (всего N байт), и число повторений каждого элемента (байт с символом n). Следовательно, необходимо посчитать среднюю энтропию выборки:

$$p_i = n/N, \quad (1)$$

$$S(x) = \sum_{i=0}^{255} (p_i \times \log_2(p_i)) = p_0 \times \log_2(p_0) + p_1 \times \log_2(p_1) + \dots + p_{255} \times \log_2(p_{255}) \quad (2)$$

Получено значение энтропии в вещественном диапазоне 0–8. Эмпирическим путем установлено, что данные с энтропией, которая лежит в диапазоне 0–5.5, будут легко сжимаемы. Данные в интервале 5.5–6.5 можно попробовать сжать, для интервала 6.5–8 данные не сжимаемы.

В результате работы описанных алгоритмов на выходе возвращается значение, которое выражает, на каком из этапов и по какому критерию было решено, что данные стоит сжимать, а в случае с несжимаемыми данными просто сообщает об этом.

Для предложенного подхода можно сформулировать следующие характеристики производительности:

– требует памяти ~ 256 × 4 (4 байта под счетчик) 1 КБ + 8 КБ (выборка) = 9 КБ (вместе с кодом и переменными ~11 КБ, с более быстрой сортировкой ~12 КБ);

– потоковая производительность (от плохо сжимаемых до хорошо сжимаемых):

а) для сортировок inplace (heap sort): 3500–11 000 МБ/с;

б) для Radix сортировки (требует +1 КБ памяти): 6000–11 000 МБ/с.

**Заключение.** В результате прикладного исследования была разработана методика определения сжимаемости данных за счет дополнительного анализа структуры данных. Это позволяет учитывать содержание файлов и на его основе принимать решение о необходимости использования алгоритма сжатия. Алгоритм определения сжимаемости данных закодирован для файловой системы Btrfs ядра Linux и позволяет оптимизировать эффективность работы операционной системы при выполнении операций записи данных. Список измененных файлов относительно предыдущей версии обновления и описание внесенных доработок зафиксирован в репозитории Linux Git [7]. Алгоритм прошел этап тестирования и выпущен в ядре Linux версии 4.15 [8].

## Список литературы

1. Трубачева, С. И. Особенности построения файловых систем / С. И. Трубачева // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. – 2013.– № 4 (22). – С 10–22.
2. Conway A. File Systems Fated for Senescence? Nonsense, Says Science! / 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies: February 27 – March 2, 2017. – Santa Clara, CA, USA [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.usenix.org/system/files/conference/fast17/fast17-conway.pdf>. – Date of access: 22.02.2019.
3. Nisbet R., Miner G., Yale K. J. D. Model Evaluation and Enhancement. Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications. – 2018. – PP. 215–233.
4. Ключеня, В. В. Процессор ДКП для систем компрессии мультимедиа данных без потерь и с потерями / В. В. Ключеня // Информационные технологии и системы 2013 (ИТС 2013): материалы международной научной конференции, БГУИР, Минск, Беларусь, 23 октября 2013 г. / редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск: БГУИР, 2013. – С. 186–187.
5. Mohan J., Kadekod R., Chidambaram V. Analyzing IO Amplification in Linux File Systems / Department of Computer Science, University of Texas at Austin [Electronic resource]. – 2017. – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1707.08514.pdf>. – Date of access: 22.02.2019.
6. Sayed A. Mostafa, Ibrahim A. Ahmad. Recent developments in systematic sampling // Journal of Statistical Theory and Practice. – 2017. – PP. 290–310.
7. Kernel.org git repositories [Electronic resource] // Btrfs kernel development. – Mode of access: <https://git.kernel.org/pub/scm/linux/kernel/git/kdave/linux.git/log/?h=for-next&qt=author&q=nefelim4ag>. – Date of access: 22.02.2019.
8. Linux 4.15 [Electronic resource] // Linus Torvalds. – Mode of access: <https://lkml.org/lkml/2018/1/28/173>. – Date of access: 22.02.2019.

## References

1. Trubacheva S. I. Osobennosti postroeniya fajlovy'x system. Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatishheva [Bulletin of the Volzhsky University named after V. N. Tatishchev]. Tol'yatti, 2013, pp 10–22.
2. Conway A., Bakshi A. File Systems Fated for Senescence? Nonsense, Says Science! 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies (February 27–March 2), 2017, Santa Clara, CA, USA. Available at: <https://www.usenix.org/system/files/conference/fast17/fast17-conway.pdf> (accessed: 22.02.2019).
3. Nisbet R., Miner G., Yale K. J. D. Model Evaluation and Enhancement. Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications, 2018, pp. 215–233.
4. Klyuchenya V. V. Processor DKP dlya sistem kompressii mul'timedia danny'x bez poter' i s poteryami. Informacionny'e texnologii i sistemy' 2013 (ITS 2013): materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, BGUIR, Minsk, Belarus', 23 oktyabrya 2013 g. [Information Technologies and Systems 2013 (ITS 2013): Materials of the International Scientific Conference, BSUIR, Minsk, 24th October 2013], 2013, pp. 186–187.
5. Mohan J., Kadekodi R., Chidambaram V. Analyzing IO Amplification in Linux File Systems. University of Texas at Austin. 2017. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1707.08514.pdf> (accessed: 22.02.2019).
6. Sayed A. Mostafa, Ibrahim A. Ahmad. Recent developments in systematic sampling. Journal of Statistical Theory and Practice, 2017, pp. 290–310.
7. Kernel.org git repositories. Available at: <https://git.kernel.org/pub/scm/linux/kernel/git/kdave/linux.git/log/?h=for-next&qt=author&q=nefelim4ag> (accessed: 22.02.2019).
8. Linux 4.15. Available at: <https://lkml.org/lkml/2018/1/28/173> (accessed: 22.02.2019).

*Received: 27.02.2019*

*Поступила: 27.02.2019*



## Подготовка квалифицированных IT-специалистов в условиях цифровой трансформации образования

**М. К. Буза**, д. т. н., профессор, профессор кафедры многопроцессорных систем и сетей

E-mail: [bouza@bsu.by](mailto:bouza@bsu.by)

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, д. 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В статье обсуждаются вопросы подготовки специалистов в сфере информационных технологий. Формулируются и аргументируются требования к работникам, осуществляющим цифровую трансформацию. Предложена динамичная многоуровневая система обучения, обеспечивающая получение качественных знаний обучающимися на каждом уровне.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация; качество знаний; информационные технологии; многоуровневая система образования; вариативность образования; мониторинг учебного процесса

**Для цитирования:** Буза, М. К. Подготовка квалифицированных IT-специалистов в условиях цифровой трансформации образования / М. К. Буза // Цифровая трансформация. – 2019. – № 1 (6). – С. 81–84. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-81-84>



© Цифровая трансформация, 2019

## Training of Qualified IT Specialists in the Conditions of Digital Transformation of Education

**M. K. Bouza**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Multiprocessor Systems and Networks

E-mail: [bouza@bsu.by](mailto:bouza@bsu.by)

Belarusian State University, 4 Independence Ave, 220030, Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** The article discusses issues of training specialists in the IT industry. The requirements for employees in the field of digital transformation are formulated and argued. A dynamic multi-level learning system is proposed, providing quality knowledge to students at each level of education.

**Key words:** digital transformation; quality of knowledge; information technologies; multi-level education system; educational variability; monitoring of the educational process

**For citation:** Bouza M. K. Training of qualified IT specialists in the conditions of digital transformation of education. *Cifrovaja transformacija* [Digital transformation], 2019, 1 (6), pp. 81–84 (in Russian). <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2019-1-81-84>

© Digital Transformation, 2019

**Введение.** Пришло время, когда начал реализовываться давний замысел академика АН Украины В. М. Глушкова о переходе на безбумажную технологию. Сегодня благодаря развитию IT-индустрии можно быстро найти в Интернете необходимую информацию, готовые решения значительной части задач, а существующие дата-центры позволяют хранить найденную информацию в больших объемах. Мы постепенно переходим на цифровые технологии не только в финансовой сфере, на производстве, но и в учебных заведениях. В Белорусском государственном университете уже

разработана и используется стратегия цифровой трансформации. Новые цифровые форматы документов по утверждению разработчиков позволяют сэкономить значительные финансовые ресурсы.

Следует отметить, что студенты стали более активными, избирательными, практичными и не желают тратить время на учебные дисциплины, которые на их взгляд кажутся ненужными. Значительная часть студентов старших курсов превращают процесс обучения в структурированную игру, состоящую из получения зачетов, сдачи экзаменов, выполнения заданий по лаборатор-

ным работам и курсовому проекту. Сегодня даже существуют фирмы, которые готовят все виды учебных заданий, вплоть до дипломного проекта. И что интересно, эти фирмы открыто себя рекламируют. Студенты живут лишь краткосрочной перспективой, не думая о том, что от их компетенций зависит не только понимание необходимости цифровой трансформации, но и ее результаты.

Данная статья посвящена вопросам повышения качества знаний специалистов в сфере информационных технологий. Именно специалисты в области IT — основа создания и внедрения идеи цифровой трансформации в реальную жизнь.

**Основная часть.** Сегодня система подготовки специалистов в области информатики нуждается в качественных изменениях. Обществу надо определить, в каком направлении идти: восстановить ее функции как стратегически важной сферы служения государству и народу или превратить ее в инструмент потребления и коммерциализации образовательных услуг.

Базовая задача образования — сформировать у обучающихся профессиональные компетенции в требуемой области и воспитать нравственного человека [1].

На мой взгляд, сегодня необычайно важно направить усилия и в теоретическом и в практическом плане на преодоление внутреннего конфликта в системе образования, чтобы продлить востребованность знаний, полученных в учебном заведении, на рынке труда.

Информационные технологии, вычислительная техника, системное программное обеспечение и сферы их применения меняются очень быстро. Все это требует обновления структуры, содержания и технологии образовательного процесса. Необходимо активнее задействовать время, отведенное учебным планом на самостоятельную работу студентов.

Для пролонгирования и обновления знаний можно идти двумя путями:

- 1) постепенно осуществить модернизацию учебного процесса;
- 2) создать новую хорошо организованную и структурированную многоуровневую систему подготовки специалистов в области IT-индустрии.

Модернизация всегда идет с меньшими психологическими и техническими потерями. Можно, например, выделить один день в неделю для параллельного обучения в образовательных центрах ведущих IT-компаний: ПВТ, IBA и др. В таких центрах можно ознакомиться с новыми

информационными технологиями, серверными платформами, базами данных, различными приложениями, модификациями языков программирования и т. п. Можно использовать смешанные технологии обучения и другие методы.

Представители IT-индустрии полагают, что подготовку специалистов в этой отрасли можно полностью перенести в их образовательные центры. Полагаю, что полный цикл обучения в таких организациях проводить проблематично. Без базового фундаментального образования, которое дается в университетах, подготовить профессионалов для проектирования новых технологий и вычислительных систем невозможно. Так можно подготовить лишь обычных пользователей системы, не более. Специалисты в области IT-сферы на уровне высшего образования должны владеть принципами построения программного обеспечения и вычислительной техники, хорошей математической подготовкой, навыками построения разноуровневых моделей, численными методами и др. Иначе это будет просто хороший ремесленник в своей сфере.

Вот реальные примеры. Невозможно повысить качество обработки процессов, не зная принципов их взаимодействия, алгоритмов функционирования ОС и компиляторов. Кроме того, сегодня производятся квантовые процессоры. Нельзя оценить возможность их использования, их универсальный параллелизм, не понимая, как функционируют элементы квантовых процессоров, производятся действия в фазовом пространстве некоторой квантовой системы с использованием унитарных преобразований этого пространства. Отсюда вывод: идеи и замыслы в различных областях знаний должны генерировать только люди с глубокой фундаментальной подготовкой не только в технических, экономических, но и других областях, со способностями абстрагироваться и прогнозировать.

Таким образом, для цифровой трансформации необходимо, чтобы специалисты:

- 1) имели качественные профессиональные знания для определения эффективного и экономически оправданного приложения усилий;
- 2) имели широкий кругозор для определения очередности осуществления цифровой трансформации в различных отраслях;
- 3) обеспечивали безопасность в условиях цифры и хранения информации в «облаках», чтобы ограничить доступ к информации лицам, не имеющим на это соответствующих прав;
- 4) обладали высокими нравственными нормами, чтобы не использовать соответству-

ющие знания в ущерб отдельным пользователям, компаниям и стране в целом.

А теперь несколько слов о каждом из этих требований.

**Профессионализм.** Цифровые технологии постепенно проникают во все сферы жизни человека. Но для того, чтобы определить, какую сферу в первую очередь необходимо трансформировать специалист должен обладать соответствующими знаниями. Он должен понимать, что цифровая трансформация убыточного предприятия будет малоэффективной и в большинстве случаев приведет только к значительной трате финансовых и материальных ресурсов. Специалист должен заранее проанализировать, будет ли такая трансформация экономически выгодной.

**Широкий кругозор.** Имея профессиональный кругозор легче определить, что необходимо трансформировать в первую очередь. Можно, конечно, осуществлять такой переход в тех отраслях, где это будет проще всего сделать. Например, обязать врачей заполнять ежедневные отчеты о результатах обследований больных, назначенном лечении и т. п. не на бумаге определенного формата (медицинской карточке), а в компьютере в своем личном кабинете. Таким образом мы не сэкономим время, но потратим компьютерные ресурсы, электроэнергию и т. п. Но добавив к профессионализму еще и широкий кругозор, мы сможем определить те сферы, где экономические и человеческие ресурсы мы сможем сэкономить, начиная с той области, где эффект от цифровой трансформации максимален.

**Безопасность.** Доверяя информацию для хранения на различных серверах, мы подвергаем себя значительному риску. Сегодня обработка информации осуществляется в «облаках». И нет гарантии, что кто-то по пути в «облако» и обратно не получит доступ к информации пользователя, а возможно ее законный обладатель не получит свою информацию полностью. Особенно это важно, если речь идет о конфиденциальных данных. Поэтому солидные компании такую информацию держат на собственных серверах. Разнообразные принимаемые меры для обеспечения безопасности во многом рассчитаны на возможности современных компьютеров. Но с приходом на рынок квантовых компьютеров большинство из существующих мер безопасности становятся неэффективными. Известно, например, что П. Шор предложил квантовый алгоритм, позволяющий разложить на простые множители число из  $n$  знаков за полиномиаль-

ное от  $n$  число шагов. Этот результат существенно усложняет работу криптологов: разлагая числа на множители, можно подбирать ключи к шифрам, подделывать электронные подписи и т. п. Огромная скорость разложения числа на простые множители с помощью квантового компьютера позволит декодировать сообщения, зашифрованные с помощью популярного асимметричного криптографического алгоритма RSA.

**Нравственность.** Если бы жители планеты Земля соблюдали нравственный принцип «Не тронь чужое», проблемы безопасности вообще не возникали бы. Подумайте, какие финансы были бы сэкономлены и направлены на другие нужды. В процессе образования следует усилить воспитательную часть, на которую в последние годы все меньше обращается внимания в учреждениях образования. Если безнравственные люди будут обладать знаниями в IT-технологиях, то ситуация не изменится: взломанные секретные базы данных, хищения денежных средств со счетов и т. д. Таким образом, цифровую трансформацию следует доверять только нравственным профессионалам.

Чтобы готовить высококвалифицированных специалистов следует упорядочить систему образования, сделать ее многоуровневой и управляемой из одного координационного центра. По результатам предварительного мониторинга абитуриента его направляют или рекомендуют на соответствующий уровень обучения. При этом следует постоянно вести мониторинг процесса обучения. И если обучающиеся не справляются с учебным планом соответствующего уровня, его следует переводить на более низкий уровень, а если он прекрасно успевает, то рекомендовать для обучения на более высоком уровне.

Во многом повышению качества обучения способствуют: внедрение результатов научных исследований в процесс обучения [2], мониторинг качества в триаде «абитуриент-студент-специалист», совершенствование образовательных стандартов и учебных программ. Мониторинг позволяет отследить качество знаний до начала обучения (различные сведения о состоянии знаний абитуриента, наличии необходимых ресурсов), во время обучения (как продвигается процесс усвоения знаний, нахождение пробелов и, если возможно, их устранение) и после обучения (интегральный контроль и прогнозирование). Для решения обозначенных и ряда других вопросов созданы различные международные объединения. Среди них: Ассоциация европейских университетов (EUA), Ев-

ропейская ассоциация учреждений высшего образования (EURASHE), Международная ассоциация президентов университетов (IAUP) и др.

При выборе методов обучения очень важно изучить мотивацию студентов, их работоспособность и обучаемость. Что касается лекций, то на них всегда должно быть отведено время для осмысления, обсуждения излагаемого материала, а также возможности студентов генерировать новые результаты. При наличии различных источников информации и способов доступа к ней информационные функции лекции не являются доминирующими. Лекции становятся активными методами обучения, постепенно превращаясь из монолога в диалог.

Большое распространение получила идея вариативности образования, позволяющая предоставить обучающемуся качественное многообразие образовательных траекторий. Идея вариативности должна позволить каждому выбрать или построить индивидуальную траекторию получения знаний. Теоретические аспекты данной идеи необычайно привлекательны, но сложно оценить, с какими затратами этот подход можно реализовать в учебном заведении при дневной форме обучения. Безусловно, квазииндивидуальную траекторию с ограниченным разнообразием образовательных траекторий можно реализовать за счет переукомплектования учебных групп. Такой подход реализуется в университетах при выборе студентами направления специализации.

Учиться нужно всем. Научно-технический прогресс коснулся всех сфер человеческой деятельности. Однако каждый должен получать знания в зависимости от своих способностей. Сегодня очень часто материальное положение у высоко-

образованных людей, занимающихся интеллектуальным трудом, заметно ниже, чем у людей, не имеющих даже высшего образования.

Приведенная ниже для обсуждения многоуровневая система подготовки ИТ специалистов объединила имеющиеся в стране, но разбросанные по отраслям уровни образования. Она в достаточной мере структурирована, адаптивна, а также учитывает знания, полученные в школе.

1. Ремесленное училище (техник по ремонту вычислительной техники, специалист по офисным приложениям: Word, Excel и т. п.) — 1 год.

2. Профессионально-техническое училище (кодировщик, тестировщик программного обеспечения и т. п.) — 2 года.

3. Средние специальные учебные заведения (проблемный программист, специалист по работе с базами данных и т. п.) — 3 года.

4. Первая ступень высшего образования (алгоритмист, системный программист и т. п.) — 3,5–4 года.

5. Вторая ступень высшего образования (преподаватель информатики, исследователь и т. п.) — 1,5–2 года.

**Заключение.** Выпускники всех уровней образования — достойные участники цифровой трансформации. Однако открытым остается вопрос: насколько население страны готово к использованию результатов такой трансформации.

Получение качественного образования в основном зависит от способностей людей, профессионализма преподавателя и мотивации студентов. Имеющиеся и предлагаемые механизмы могут повысить качество обучения, если будут применены к подготовленным слушателям.

## Список литературы

1. Всемирная декларация о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры [Электронный ресурс] : [принята в г. Париже 09.10.1998 г.] – Режим доступа: [https://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach\\_import\\_5fefe9a7-f1d7-407e-8c74-5ee6fd660ce8?\\_=116345rusb.pdf](https://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_5fefe9a7-f1d7-407e-8c74-5ee6fd660ce8?_=116345rusb.pdf). – Дата доступа: 06.03.2019.
2. Буза, М. К. Образование и наука – главные составляющие инновационного роста / М. К. Буза // Материалы международной научной конференции «Информатизация образования», 24–27 октября 2012 г. – Минск: БГУ, 2012.

## References

1. World Declaration on higher education for the twenty-first century: approaches and practical measures, UNESCO. Paris, 1998. Available at: [https://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach\\_import\\_5fefe9a7-f1d7-407e-8c74-5ee6fd660ce8?\\_=116345rusb.pdf](https://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_5fefe9a7-f1d7-407e-8c74-5ee6fd660ce8?_=116345rusb.pdf) (accessed: 06.03.2019) (in Russian).
2. Buza M. K. Education and science – the main components of innovative growth. Informatizaciya obrazovaniya: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii [Informatization of education : Proceedings of the international scientific conference]. Minsk: BSU, 2012, pp. 52-56 (in Russian).

Received: 06.03.2019

Поступила: 06.03.2019

# ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ ДЛЯ ЖУРНАЛА «ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

В журнале «Цифровая трансформация» публикуются материалы по техническим и экономическим отраслям наук, имеющие определенное научное значение, теоретическую и практическую значимость, ранее не публиковавшиеся.

1. Научная статья — законченное и логически цельное произведение, посвященное конкретному вопросу, разрабатываемому исследователем. Научная статья раскрывает наиболее значимые результаты, полученные исследователем, требующие развернутого изложения и аргументации.

2. Объем научной статьи, учитываемой ВАК, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.).

3. Научная статья должна включать следующие элементы (в порядке расположения):

- индекс УДК;
- название статьи\* (оно должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким, содержать ключевые слова);
- фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, должность и место работы, ученую степень и ученое звание, e-mail, ORCID ID\*;
- аннотацию\*;
- ключевые слова\* (до 15 слов);
- введение (должно содержать цель работы, отражать ее новизну и актуальность);
- основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);
- заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
- список цитированных источников\*.

4. Аннотация должна быть:

- информативной (не содержать общих слов);
- содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированной (следовать логике описания результатов в статье);
- компактной, однако иметь достаточный объем для отражения содержания статьи (укладываться в объем от 100 до 300 слов).

В аннотации следует сформулировать цель исследования, выделить научную новизну работы (отличия от предыдущих исследований по данной теме), указать использованные методы исследования, описать основные результаты работы, а также фактические и возможные области их применения. Для описания исследования в аннотации следует использовать прошедшее время.

5. Статья направляется в редакцию на русском, белорусском или английском языках по электронной почте (на адрес [journal@unibel.by](mailto:journal@unibel.by)) или с помощью формы на сайте в формате текстового редактора Microsoft Word (название документа — заголовок статьи).

6. Параметры оформления основного текста статьи в Microsoft Word:

- верхнее и нижнее поля — 1,5 см;
- левое и правое поле — 2,5 см;
- междустрочный интервал — 1,5;
- гарнитура — Times;
- размер кегля — 14 пт;
- отступ абзаца — 1,25 см.

Параметры оформления дополнительного текста (информация об авторе, аннотация, ключевые слова, список цитированных источников, подрисуночные подписи, заголовки и текст таблиц и др.):

- междустрочный интервал — одинарный;
- гарнитура — Times;
- размер кегля — 12 пт.

Переносы в тексте должны быть отключены.

7. В отдельном документе необходимо указать сведения об авторе (ах):

- фамилия, имя, отчество (полностью);
- должность и место работы;

---

\* на русском (белорусском) и английском языках

- ученая степень и звание;
- почтовый адрес, номер контактного телефона, адрес электронной почты;
- подтверждение того, что материалы, содержащиеся в тексте статьи, не содержат информации ограниченного распространения и печатаются впервые.

При наличии нескольких авторов должно быть указано, кто отвечает за переписку.

8. Рисунки размещаются как в полном тексте работы, так и в виде отдельных файлов с разрешением не менее 300 dpi. Все рисунки должны иметь подписи\*.

Графики предоставляются в полном тексте работы и в отдельном файле в формате Microsoft Excel с цифровым материалом, по которому построены графики.

Формулы оформляются с помощью редактора формул Microsoft Equation.

Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок\*.

Все рисунки, формулы и таблицы должны быть пронумерованы.

9. Ссылки на литературу даются в квадратных скобках. Перечень источников в порядке появления в тексте приводится под заголовком «Список литературы» в конце статьи. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003.

Список литературы должен включать авторитетные научные публикации по теме статьи, в том числе на иностранном языке. Ссылки на собственные работы авторов не должны составлять более трети от общего числа публикаций, включенных в список литературы.

*Полные правила оформления и предоставления статей с примерами составления списков литературы на русском и английском языках представлены на сайте <http://dt.gias.by>.*

---

\* на русском (белорусском) и английском языках

# AUTHOR GUIDELINES OF THE JOURNAL "DIGITAL TRANSFORMATION"

The journal publishes materials on technical and economic sciences, having a certain scientific significance, theoretical and practical significance, previously not published.

1. The article should be submitted to the editors in Russian, Belarusian or English languages by e-mail [journal@unibel.by](mailto:journal@unibel.by) or by form on the site as a Microsoft Office Word document (\*.doc, \*.docx and \*.rtf formats).

2. The volume of scientific article should be at least 0.35 of the author's sheet (14,000 characters, including spaces between words, punctuation marks, numbers, etc.).

3. Scientific articles should include the following elements (in order of location):

– UDC index (see <https://teacode.com/online/udc/>);  
– title of the article\* (it should reflect the main idea of the research, be as brief as possible, contain keywords);

– name and initials of the author (authors) of the article, position and place of work, academic degree and academic title, e-mail, ORCID ID\* ;

– abstract\*;

– keywords\* (up to 15 words);

– introduction (it should contain the purpose of the work, reflect its novelty and relevance);

– the main part, including graphs and other illustrative material (if any);

– conclusion, concluded with clearly formulated conclusions;

– references\*.

4. The abstract should be:

– informative (should not contain common words);

– substantial (reflecting the main content of the article and the results of the research);

– structured (follow the logic of describing the results in the article);

– compact, but have enough volume to reflect the content of the article (fit into the volume from 100 to 300 words).

The abstract should state the purpose of the study, highlight the scientific novelty of the work (differences from previous studies on this topic), indicate the used research methods, describe the key research findings, as well as actual and possible areas of their application.

5. Settings for the main text of the article in Microsoft Word:

– margins — 2 cm;

– line spacing — 1,5;

– font — Times;

– font size — 14 pt;

– line spacing — 1.25 cm.

Options for additional text (information about the author, abstract, keywords, list of quoted sources, captions, headings and text of tables, etc.):

– line spacing — 1;

– font — Times;

– font size — 12 pt.

6. In a separate document it is necessary to indicate information about the author (s) (the form is attached):

– Surname, name, patronymic (in full);

– position and place of work;

– academic degree and title;

– postal address, contact phone number, e-mail address;

– confirmation that the materials contained in the text of the article do not contain information of limited distribution and are printed for the first time.

If there are several authors, a person responsible for the correspondence should be indicated.

The article provided in paper form must be signed by all authors.

7. Drawings should be placed both in the full text of the work, and as separate files with a resolution of at least 300 dpi.

The graphs should be provided in the full text of the work and in a separate file in Microsoft Excel format with digital material on which the graphs are built.

---

\* in Russian (in Belarusian) and in English

Formulas are formalized using the Equation Formula Editor.

Tables are located directly in the text of the article. Each table must have a header.

All figures, formulas and tables should be numbered.

8. References to the literature are given in square brackets. The list of sources in the order of appearance in the text is given under the heading "References" at the end of the article.

References should include authoritative scientific publications on the topic of the article, including papers in a foreign language. References to authors' own works should not constitute more than a third of the total number of publications included in the list of references.

*Full Author Guidelines in Russian and English are available at <http://dt.giac.by>.*