

Установка и оценка производительности системы DSpace

И. А. Филозова, Г. В. Шестакова, Т. Н. Заикина, А. С. Бондяков*, А. О. Кондратьев,
И. К. Некрасова

Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Российская Федерация

Адрес: 141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6

* aleksey@jinr.ru

Аннотация

В статье рассматривается передовое программное обеспечение DSpace с открытым исходным кодом, разработанное для создания современных открытых цифровых библиотек и репозиторий в академических и других организациях. Это программное обеспечение поддерживается большим сообществом разработчиков и энтузиастов со всего мира. DSpace представляет собой надежную программную платформу для постоянного доступа к исследовательским материалам и другим ценным цифровым данным. Она обеспечивает централизованное хранение, доступ и управление контентом, активами и другими цифровыми ресурсами, предоставляя исследователям простой и безопасный способ доступа к их публикациям. Задача данной статьи — протестировать систему DSpace, изучить ее преимущества и недостатки. Описываются наиболее важные аспекты установки. Также в статье рассматриваются вопросы совместимости DSpace с другими системами. В целом, статья дает общее представление о системе DSpace и ее возможностях. Для решения поставленной задачи протестирована работа всех штатных инструментов данной системы, используемых для ее установки и настройки. Для оценки производительности тестируемой системы использовались метрики CPU utilization и load average. Это две основные метрики, которые используются для мониторинга производительности в системе. Их применение позволяет своевременно выявлять проблемы с производительностью системы и принимать меры по их устранению, чтобы обеспечить стабильную и эффективную работу приложений и сервисов. Необходимые для оценки данные получены посредством системы мониторинга облачной инфраструктуры ЛИТ ОИЯИ, на которой был развернут полигон для изучения DSpace.

Ключевые слова: институциональный репозиторий, открытая платформа, облачные технологии, оценка производительности

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Установка и оценка производительности системы DSpace / И. А. Филозова [и др.] // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2023. Т. 19, № 3. С. 581-587. <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202303.581-587>

© Филозова И. А., Шестакова Г. В., Заикина Т. Н., Бондяков А. С.,
Кондратьев А. О., Некрасова И. К., 2023



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Installation and Performance Evaluation of the DSpace

I. A. Filozova, G. V. Shestakova, T. N. Zaikina, A. S. Bondyakov*, A. O. Kondratyev, I. K. Nekrasova
Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation

Address: 6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation

* aleksey@jinr.ru

Abstract

The article discusses cutting-edge open-source software, DSpace, designed to create modern open digital libraries and repositories in academic and other organizations. This software is supported by a large community of developers and enthusiasts from all over the world. DSpace provides a robust software platform for ongoing access to research materials and other valuable digital data. It provides centralized storage, access and management of content, assets and other digital resources, giving researchers an easy and secure way to access their publications. The purpose of this article is to test the DSpace system and study its advantages and disadvantages. The most important aspects of the installation are described. Also, the article discusses issues of DSpace compatibility with other systems. In general, the article gives a general idea of the Dspace system and its capabilities. To solve this problem, the operation of all standard tools of this system used for its installation and configuration was tested. To evaluate the performance of the system under test, the CPU utilization and load average metrics were used. These are the two main metrics that are used to monitor the performance of a system. Overall, the use of these metrics allows you to quickly identify system performance problems and take corrective action to ensure stable and efficient operation of applications and services. The data necessary for the assessment was obtained through the monitoring system of the cloud infrastructure of LIT JINR, on which a test site for studying Dspace was deployed.

Keywords: institutional repository, open platform, cloud technologies, performance evaluation

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Filozova I.A., Shestakova G.V., Zaikina T.N., Bondyakov A.S., Kondratyev A.O., Nekrasova I.K. Installation and Performance Evaluation of the DSpace. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2023;19(3):581-587. <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202303.581-587>



Введение

DSpace — это открытая платформа, которая позволяет создавать и управлять открытыми репозиториями цифровых объектов. Она предоставляет широкий спектр инструментов и функций для организации и управления контентом, а также для обеспечения доступа к нему. Данная система может быть использована в качестве платформы для создания репозитория, который будет хранить и предоставлять доступ к научным, образовательным и культурным материалам, таким как статьи, книги, фотографии, видео и т. д. Репозиторий может быть создан как для внутреннего использования, так и для предоставления доступа внешним пользователям [1-6].

Для создания репозитория на базе DSpace необходимо установить и настроить саму платформу, настроить права доступа и управление контентом, а затем загрузить и сохранить необходимые цифровые объекты. Кроме того, можно настроить систему поиска и индексации контента, а также предоставить доступ к нему через веб-интерфейс или API. Таким образом, DSpace является мощным инструментом для создания и управления открытыми репозиториями, который может быть использован для различных целей, таких как хранение и предоставление доступа к научным и культурным артефактам.

DSpace считается одной из наиболее эффективных и масштабируемых платформ для создания репозитория цифровых объектов. Она обладает высокой гибкостью и настраиваемостью, что позволяет создавать репозитории под конкретные нужды организации. Кроме того, DSpace поддерживает интеграцию с другими системами и сервисами, что упрощает управление коллекциями и обеспечивает более удобный доступ к ним [7-10].

Цель исследования

Цель исследования данной статьи состоит в подробном изучении возможностей системы DSpace, которую можно использовать в качестве основной или дополнительной платформы институционального репозитория.

Основная часть

В настоящее время существует много платформ для создания институциональных репозитория [10-15]. Наиболее популярные:

- EPrints — система управления электронными публикациями, которая позволяет организациям и отдельным исследователям находить и просматривать электронные научные публикации и управлять ими.
- Digital Commons — платформа для обмена исследовательскими публикациями и другой научной информацией.
- OCLC Institutional Repositories — платформа, предоставляет инструменты для создания институциональных репозитория и управления ими, поддерживает управление авторскими правами и публикацию документов.

Система DSpace, по сравнению с аналогичными системами, обладает более богатым функционалом и гибкой настройкой,

кроме того, является кроссплатформенной¹ [16-18]. Из основных плюсов можно выделить следующие:

- открытый исходный код;
- возможность настройки в соответствии с конкретными потребностями пользователя;
- мультиязычный интерфейс;
- использование Apache SOLR в качестве поискового движка для метаданных и полного текста. Это позволяет быстро и эффективно искать информацию в репозитории, даже если он содержит большое количество документов;
- возможность настраивать права доступа к контенту;
- поддержка импорта метаданных через сторонние API, такие как ORCID, PubMed, Sherpa и другие.
- интеграция с сервисами, предоставляющими постоянные идентификаторы, такими как DOI. Это позволяет обогащать цифровой контент во время импорта из новых источников, включая CrossRef, Scopus, Web of Science, PubMed Europe, CiNii и NASA.

Из минусов следует отметить довольно сложную схему резервного копирования, а также механизм обновления системы в целом.

Для тестирования DSpace была использована облачная инфраструктура ОИЯИ [19], на которой была создана виртуальная машина со следующими параметрами: 100 ГБ дискового пространства, 16 ГБ ОЗУ, 4 ядра ЦПУ. Операционная система виртуальной машины — Oracle Linux 8x. Облачная инфраструктура ОИЯИ представлена платформой OpenNebula.

Рассмотрим установку Dspace 7.x на виртуальную машину с ОС Oracle Linux 8x, а также настройку данной системы. В нашем варианте использовались следующие версии предварительно установленных компонентов:

```
git wget lsof htop screen gcc make gcc-c++ java-17-openjdk*  
postgresql11-server postgresql11-contrib pgcryptokey11.x86_64  
apache-ant-1.10.13  
apache-maven-3.9.0  
apache-tomcat-9.0.72  
apache-solr-8.11.2  
Node.js-16  
Yarn  
PM2
```

DSpace разделен на две отдельные части: пользовательский интерфейс на основе Angular и полнофункциональную серверную часть REST API. Эти части теперь могут быть установлены и запущены отдельно на разных серверах. Это позволяет DSpace адаптироваться к различным требованиям и динамически масштабировать производительность в зависимости от потребностей среды [20-25].

В процессе установки и сборки скаченного и разархивированного пакета DSpace 7.x (REST API) используется следующее ПО:

- Apache Maven — используется для автоматизации сборки, тестирования и развертывания приложений. Он позволяет разработчикам создавать и поддерживать проекты и управлять ими, используя стандартные и согласованные методы и подходы. Maven необходим на первом этапе процесса установки для

¹ Naik P. G., Naik G. R. Creating and Managing Institutional Repository Using DSpace – A Case Study Approach. New Delhi : Educreation Publishing, 2019. 273 p.



сборки установочного пакета Dspace, а также позволяет гибко настраивать DSpace, используя конфигурационные файлы, находящиеся в каталоге `[dspace-source]/dspace/modules`;

- Apache Ant — это мощный инструмент для автоматизированной сборки, тестирования и развертывания приложений. Ant необходим для второго этапа процесса установки DSpace. Сначала Maven используется для создания установщика `[dspace-source]/dspace/target/dspace-installer`, после чего Ant используется для установки DSpace в указанный каталог;
- PostgreSQL — объектно-реляционная система управления базами данных с открытым исходным кодом;
- Apache Tomcat — контейнер сервлетов на основе Java, который используется для разработки и развертывания веб-приложений на платформе Apache;
- Apache SOLR — поисковый сервер, основанный на проекте Apache Lucene. Он предоставляет возможности полнотекстового поиска, ранжирования и анализа информации.

Начальный этап установки REST API включает в себя установку `java-17-openjdk`, а также установку и настройку базы данных, которая будет использоваться REST API. В нашем случае используется `postgresql`. Для организации доступа к базе данных в конфигурационном файле `/var/lib/postgresql/11/data/pg_hba.conf`

необходимо изменить запись `host all all 127.0.0.1/32 ident` на `host all all 127.0.0.1/32 md5`

После скачивания и разархивирования вышеуказанного ПО необходимо настроить Apache Maven для оптимальной производительности путем увеличения размера выделенной памяти. Для этого в конфигурационный файл Maven нужно добавить следующую запись:

```
export MAVEN_OPTS=-Xmx1024m
```

В распакованном каталоге `[dspace-source]/dspace/config` сформировать из примера (`local.cfg.EXAMPLE`) основной конфигурационный файл `local.cfg`, в котором указаны необходимые для первичного запуска настройки.

Создать корневой каталог `/dspace`, в котором будут формироваться исполняемые файлы.

Запустить в каталоге `[dspace-source]/dspace/config` установку посредством Maven: `/opt/maven/bin/mvn package`

В каталоге `[dspace-source]/dspace/target/dspace-installer` будут сформированы установочные файлы.

Для установки DSpace в указанный каталог (`/dspace`) посредством Apache Ant необходимо выполнить команду:

```
/opt/ant/bin/ant fresh_install
```

Для корректной работы Apache Tomcat, на котором будет работать DSpace, в его конфигурационный `/opt/tomcat/server.xml` необходимо внести следующее изменение:

```
<Connector port="8080"
  minSpareThreads="25"
  enableLookups="false"
  connectionTimeout="20000"
  disableUploadTimeout="true"
  URIEncoding="UTF-8"/>
```

Сформировать сервлет DSpace для Tomcat: `cp -r /dspace/webapps/server /opt/tomcat/webapps`

Запустить Tomcat в качестве сервиса: `systemctl start tomcat.service`

Создать каталог для данных репозитория: `mkdir /dspace/assetstore`

Создать администратора: `/dspace/bin/dspace create-administrator`

Как было указано выше, для возможности полнотекстового поиска, ранжирования и анализа информации в DSpace используется Apache SOLR. Для установки, конфигурации и запуска SOLR в качестве сервиса в его распакованном каталоге нужно выполнить команды:

```
./bin/install_solr_service.sh /usr/local/src/solr-*.tgz
cp -R /dspace/solr/* /var/solr/data/
sudo -u solr /opt/solr/bin/solr restart
```

Для установки и сборки пакета DSpace 7.x (Angular) используются следующие инструменты:

- Node.js — среда выполнения JavaScript, основанная на движке V8 компании Google;
- Yarn — менеджер пакетов и инструмент для управления зависимостями в приложениях, написанных на JavaScript;
- PM2 — процесс-менеджер для Node.js приложений, который обеспечивает устойчивость, масштабируемость и удобство использования приложений. Он позволяет управлять запуском, перезапуском, перезагрузкой и завершением процессов, а также мониторить состояние приложений и обрабатывать сигналы.

Пакет DSpace 7.x (Angular) необходимо скачать и разархивировать в каталог `/dspace`. В разархивированном каталоге посредством YARN выполнить команду:

```
yarn install & yarn run build:prod
```

Для доступа к REST API и Angular конфигурационном файле `config.yml` указать IP-адрес или хост сервера.

Запуск Angular осуществляется посредством PM2. Для запуска необходимо создать конфигурационный файл в формате JSON. В нашем случае для Oracle Linux 8.x использовалась следующая конфигурация:

```
{
  "apps": [
    {
      "name": "dspace-angular",
      "cwd": "/dspace/dspace-angular",
      "script": "/usr/local/bin/yarn",
      "args": "run serve:ssr",
      "interpreter": "none"
    }
  ]
}
```

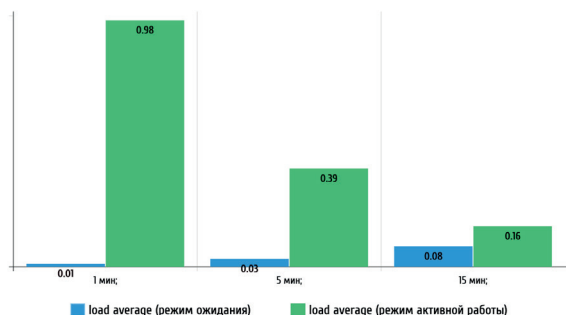
Первоначальная настройка DSpace включает в себя активацию сущностей (Entities). В DSpace Entities представляют собой объекты, которые могут быть проиндексированы и сохранены в системе. Такими объектами могут быть статьи, книги, диссертации, аудио- и видеозаписи, изображения и другие виды цифрового контента. Каждый объект в DSpace имеет свою собственную Entity, которая содержит метаданные, описывающие свойства и характеристики этого объекта.

Для оценки производительности DSpace использовались метрики `load average` (рис. 1) и `CPU utilization` (рис. 2). Метрика `CPU utilization` показывает процент использования процессора во время тестирования. Если значение близко к 100 %, то это оз-



начает, что процессор загружен на полную мощность и система не может обрабатывать запросы быстро. Метрика load average показывает среднее количество процессов, ожидающих процессорное время в данный момент времени. Данные получены посредством утилиты top в двух условных режимах работы DSpace — режиме ожидания и режиме активной работы.

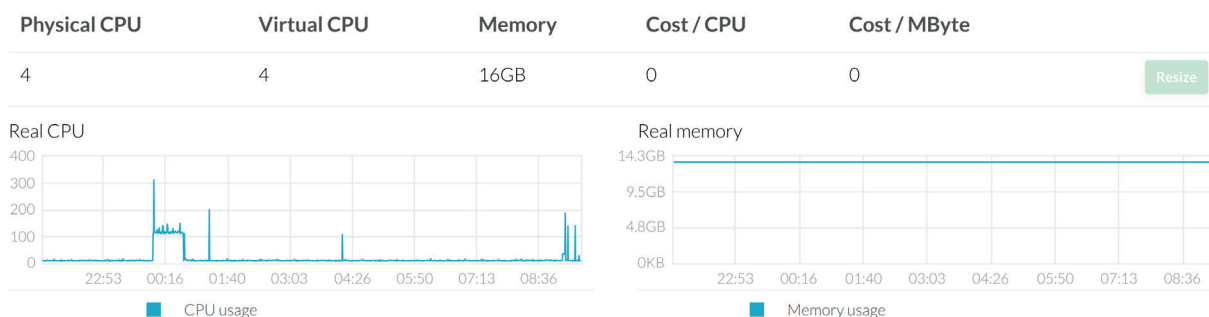
Сравнение метрик CPU utilization и load average в двух режимах, а также данных системы мониторинга облачной инфраструктуры ЛИТ ОИЯИ (рис. 1) показало, что DSpace не оказывает большую нагрузку на производительность системы в целом.



Р и с. 1. Значения load average

Fig. 1. Load Average Values

Источник: здесь и далее в статье все рисунки составлены авторами.
Source: Hereinafter in this article all figures were drawn up by the authors.



Р и с. 3. Скриншот системы мониторинга виртуальной машины с установленной системой DSpace

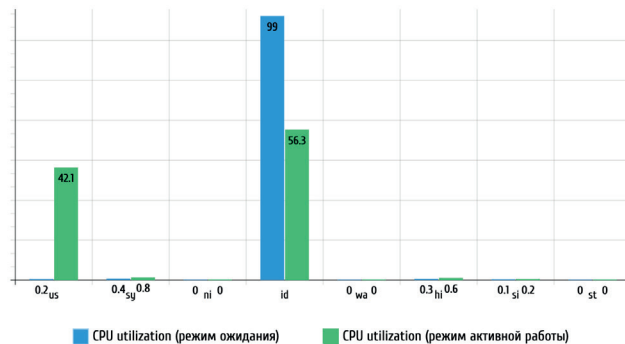
Fig. 3. Screenshot of the virtual machine monitoring system with the DSpace system installed

Полученные результаты

В результате проведенных исследований получены данные счетчиков CPU utilization и CPU load average, которые показывают загрузку CPU виртуальной машины в рассматриваемых режимах:

- метрики загрузки процессора виртуальной машины при работе DSpace в режиме ожидания и в активном режиме;
- скриншот данных системы мониторинга виртуальной машины при тестировании возможностей DSpace.

Полученные данные показывают, что нагрузка на центральный процессор (CPU) при использовании DSpace как в режиме ожидания, так и в активном режиме увеличивается незначительно. Это свидетельствует о том, что DSpace способен об-



Р и с. 2. Значения CPU utilization: us (пользовательские процессы), sy (системные процессы), ni (niced процессы пользователя), id (время простоя ядра), wa (время ожидания завершения ввода-вывода), hi (время работы сервиса аппаратных прерываний), si (время работы сервиса программных прерываний), st (время работы гипервизора)

Fig. 2. Load CPU utilization

рабатывать поступающие данные, не создавая значительной нагрузки на систему в целом.

Заключение

В данной статье описаны наиболее важные преимущества и функциональные возможности DSpace, а также кратко рассмотрена его установка. Установка DSpace может быть выполнена на различных платформах с использованием указанных инструментов, хотя процесс установки может быть сложным и требовать определенных технических знаний. В целом, DSpace представляет собой надежную и гибкую систему для управления научными ресурсами и публикациями, которая может быть адаптирована под нужды конкретного учреждения или проекта.



References

- [1] Posavec K., Draženko C., Musap L. Role of a Croatian National Repository Infrastructure in Promotion and Support of Research Data Management. *Data Science Journal*. 2020;19:48. <http://dx.doi.org/10.5334/dsj-2020-048>
- [2] Mohd M.M., Norliya K. Measuring success factors and performance of institutional repositories. *Journal of Administrative and Business Studies*. 2020;6(3):78-83. <http://dx.doi.org/10.20474/jabs-6.3.1>
- [3] Okon R., Eleberi E., Kanayo U. A Web Based Digital Repository for Scholarly Publication. *Journal of Software Engineering and Applications*. 2020;13(4):67-75. <http://dx.doi.org/10.4236/jsea.2020.134005>
- [4] Kodua-Ntim K., Fombad M. Strategies for the use of open access institutional repositories at universities in Ghana. *Library Management*. 2020;41(6/7):515-530. 4. <http://dx.doi.org/10.1108/LM-02-2020-0023>
- [5] Itiola C., Iwasokun G., Adetooto J. Development of an Online Repository for Academic Research Works in FUTA. *International Journal of Sustainability Management and Information Technologies*. 2021;(7):22-26. 5. <http://dx.doi.org/10.11648/j.ijmsit.20210701.14>
- [6] Nyachwaya L., Luitel G., Maharjan R. Experiences of Library Professionals on DSpace Installation. *Nepal Journal of Multidisciplinary Research*. 2021;(4):93-105. <http://dx.doi.org/10.3126/njmr.v4i2.39177>
- [7] Choi N., Prueett J. The Context and State of Open Source Software Adoption in US Academic Libraries. *Library Hi Tech*. 2019;37(4):1-35. 7. <http://dx.doi.org/10.1108/LHT-02-2019-0042>
- [8] Maia M., Maia C., Milton C., Milton S. Propositional study of a model for quality evaluation in technical memory deposits in a Digital Library implemented in DSpace. *RDBCI: Digital Journal of Library and Information Science*. 2023;21:e023006. <http://dx.doi.org/10.20396/rdbci.v21i00.8671927/31965>
- [9] Formanek M. Solving SEO Issues in DSpace-based Digital Repositories. *Information Technology and Libraries*. 2021;40(1)1-28. <http://dx.doi.org/10.6017/ital.v40i1.12529>
- [10] Kyprianos K., Lygnou E. Institutional Repositories and Copyright in Greek Academic Libraries. *Italian Journal of Library, Archives and Information Science*. 2022;13(2):92-112. <http://dx.doi.org/10.36253/jlis.it-449>
- [11] Symulevich A., Boczar J. Summer of migration: consolidating institutional repositories into a redesigned singular platform. *Digital Library Perspectives*. 2022;39(2):220-228. <https://doi.org/10.1108/DLP-03-2022-0028>
- [12] Zaikina T., Filozova I., Shestakova G. et al. JDS-JOIN² Repository as a Workspace for Scientific Output. *Physics of Particles and Nuclei Letters*. 2022;19:583-585. <https://doi.org/10.1134/S1547477122050454>
- [13] Balutkina N.A., Stukalova A.A. Institutional Repositories in Russia and Abroad: Review of Publications. *Bibliotekovedenie = Russian Journal of Library Science*. 2022;71(2):193-206. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25281/0869-608X-2022-71-2-193-206>
- [14] Dudnikova O.V., Bogomolov A.A. Digital Repository of the Southern Federal University in the Scientific and Educational Space of the University. *Scholarly Research and Information*. 2021;4(3):82-93. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.24108/2658-3143-2021-4-3-82-93>
- [15] Satish S. Development of Institutional Repository Using DSpace at ICMR- National Institute of Epidemiology, Chennai, Tamil Nadu: An Overview. *Asian Journal of Information Science and Technology*. 2019;9(2):96-102. <http://dx.doi.org/10.51983/ajist-2019.9.2.268>
- [16] Namdev Dhamdhere S., De Smet E., Lihitkar R. ABCD open source software for managing ETD repositories. *Library Management*. 2014;35(4/5):387-397. <https://doi.org/10.1108/LM-08-2013-0072>
- [17] Imoro O., Mkeni-Saurombe N. Institutional repository infrastructure: a survey of Ghanaian public universities. *Collection and Curation*. 2023;43(1):1-7. <http://dx.doi.org/10.1108/CC-11-2022-0038>
- [18] Nguyen H., Wu-Yuin H., Pham T., Truong T., Hsin-Wei Ch. Development of a mobile Web library application for an institutional repository and investigation of its influences on learning. *The Electronic Library*. 2023;41(5):578-616. <http://dx.doi.org/10.1108/EL-03-2023-0062>
- [19] Baginyan A., Balandin A., Balashov N., Dolbilov A., Gavrish A., Golunov A., Gromova N., Kashunin I., Korenkov V., Kutovskiy N., Mitsyn V., Pelevanyuk I., Podgainy D., Streltsova O., Strizha T., Trofimov V., Vorontsov A., Voytishin N., Zuev M. Current status of the MICC: an overview. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021;3041:1-8. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3041/1-8-paper-1.pdf> (accessed 28.07.2023).
- [20] Chapepa G., Ngwira F., Mapulanga P. Metadata creation practices at the Lilongwe University of Agriculture and Natural Resources library's institutional repository. *Digital Library Perspectives*. 2023;39(2):205-219. <http://dx.doi.org/10.1108/DLP-09-2022-0074>
- [21] Asadi Sh., Abdullah R., Jusoh Yu., Nazir Sh. Understanding Institutional Repository in Higher Learning Institutions: A Systematic Literature Review and Directions for Future Research. *IEEE Access*. 2019;7:35242-35263. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2897729>
- [22] Butterfield A., Quinn G., McKenna M. Expanding your institutional repository: Librarians working with faculty. *The Journal of Academic Librarianship*. 2022;48(6):102628. <http://dx.doi.org/10.1016/j.acalib.2022.102628>
- [23] Utulu S., Ngwenyama O. Understanding the influence of librarians cognitive frames on institutional repository innovation and implementation. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*. 2019;85(6):e12110. <http://dx.doi.org/10.1002/isd2.12110>
- [24] Ech-Cherif A., AlBarrak K.M., Alnaim A.K. Leveraging Axiomatic Design and Research Information Systems to Promote Research Outcomes at Public Universities. *IEEE Access*. 2022;10:55255-55269. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3175995>



- [25] 25. Nneka Ch., Kaosisochukwu Ch. Institutional repository for global knowledge sharing. *Journal of ICT Development, Applications and Research*. 2021;3:41-49. <http://dx.doi.org/10.47524/jictdar.v3i1.42>

*Поступила 28.07.2023; одобрена после рецензирования 05.09.2023; принята к публикации 24.09.2023.
Submitted 28.07.2023; approved after reviewing 05.09.2023; accepted for publication 24.09.2023.*

Об авторах:

Филозова Ирина Анатольевна, начальник Группы развития и сопровождения информационных систем общеинститутского назначения Лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3441-7093>**, fia@jinr.ru

Шестакова Галина Васильевна, ведущий программист Лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9826-8536>**, shestakova@jinr.ru

Заикина Татьяна Николаевна, инженер-программист Лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0805-7995>**, ztanya@jinr.ru

Бондяков Алексей Сергеевич, инженер-программист Лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6), кандидат технических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0429-3931>**, aleksey@jinr.ru

Кондратьев Андрей Олегович, инженер-программист Лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6203-9160>**, kondratyev@jinr.ru

Некрасова Ирина Константиновна, инженер-программист Лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6), **ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8680-1942>**, ira@jinr.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the authors:

Irina A. Filozova, Group Leader of the Mescheryakov Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3441-7093>**, fia@jinr.ru

Galina V. Shestakova, Senior Software Engineer of the Mescheryakov Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9826-8536>**, shestakova@jinr.ru

Tatiana N. Zaikina, Software Engineer of the Mescheryakov Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0805-7995>**, ztanya@jinr.ru

Aleksey S. Bondyakov, Software Engineer of the Mescheryakov Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), Cand. Sci. (Eng.); **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0429-3931>**, aleksey@jinr.ru

Andrey O. Kondratyev, Software Engineer of the Mescheryakov Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6203-9160>**, kondratyev@jinr.ru

Irina K. Nekrasova, Software Engineer of the Mescheryakov Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8680-1942>**, ira@jinr.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

