

P10-2012-7

И. П. Слепов\*, Г. А. Ососков, О. В. Рогачевский

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА РАБОТ  
ПО СОЗДАНИЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЭКСПЕРИМЕНТА **MPD** НА КОЛЛАЙДЕРЕ **NICA****

---

\*E-mail: [speloff@jinr.ru](mailto:speloff@jinr.ru)

Слепов И. П., Ососков Г. А., Рогачевский О. В.

P10-2012-7

Информационная поддержка работ по созданию программного обеспечения эксперимента MPD на коллайдере NICA

Описывается веб-сайт, содержащий информацию для пользователей и разработчиков программных средств эксперимента MPD на коллайдере NICA. Рассматривается использование системы управления содержимым Drupal для построения структуры сайта и его поддержки, а также инструменты, средства тестирования и информация, необходимые для разработчиков программных средств эксперимента MPD.

Работа выполнена в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2012

Slepov I. P., Ososkov G. A., Rogachevsky O. V.

P10-2012-7

Informational Support for Software Development of the MPD Experiment at the NICA Collider

The article presents a web-site which carries information for users and software developers of the MPD experiment at the NICA collider. It describes usage of the content management system Drupal for the site creation and tools useful for the software developers of the experiment.

The investigation has been performed at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2012

## ВВЕДЕНИЕ

Эксперименты в области физики частиц высоких энергий всегда требовали привлечения новейших технологий в программировании и использовании значительных вычислительных ресурсов. Например, экспериментальные установки, работающие на коллайдере LHC (Large Hadron Collider), запущенном в 2010 г. в CERN, обрабатывают около 15 петабайт данных в год [1]. Оказалось невозможным локально обработать и обеспечить хранение настолько большого количества данных. Эта проблема побудила ученых создать новую сетевую инфраструктуру GRID для обработки данных с использованием вычислительных возможностей институтов со всего мира, участвующих в этом проекте.

В настоящее время постоянно происходит не только совершенствование существующих методов обработки данных, но и появление более эффективных. Пример этому — технологии параллельных и облачных вычислений с использованием не только сетевых GRID-инфраструктур, но и GPGPU-программирования (General-Purpose computing on Graphics Processing Units). GPGPU оказалось намного эффективнее для задач обработки экспериментальных данных за счет особенностей построения современных видеоадаптеров по сравнению с центральными процессорами компьютеров [2].

В ближайшее время в ОИЯИ планируется запустить новый коллайдер ионов NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility), позволяющий сталкивать тяжелые ионы (Au, Pb, U) при энергиях 4–11 ГэВ/нуклон при средней светимости  $10^{27} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  [3]. В одной из точек пересечения пучков ионов в накопительных кольцах коллайдера будет расположена универсальная установка MPD (Multi-Purpose Detector), позволяющая регистрировать частицы, образующиеся в столкновении ядер. Целью эксперимента является исследование состояния ядерной материи в данном диапазоне энергий. Ожидаемый объем данных, получаемых на этой установке, будет около 10 петабайт в год [4]. Поэтому при разработке программного обеспечения для получения и реконструкции данных с установки MPD необходимо использовать современные технологии программирования, вычислительные средства и сетевые инфраструктуры распределенной обработки данных. Таким образом, является актуальной задача по разработке новых, более эффективных методов

управления потоками данных, полученных в этом эксперименте, и созданию развитых программных инфраструктур для их обработки.

Программное обеспечение (оболочка) (ПО), в рамках которого осуществляется разработка и объединение различных компонент большого программного проекта для эксперимента MPD, называется MpdRoot [5]. Эта оболочка является одной из ветвей среды разработки программ для экспериментов на ускорительном комплексе FAIR (FairRoot [6]) в GSI (Дармштадт, Германия) и основана на компонентах оболочки для обработки данных ROOT [7], развиваемой в Европейском центре ядерных исследований (CERN) [8].

## **1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЕБ-САЙТУ ПРОЕКТА MpdRoot**

Разработка программного обеспечения для научных экспериментов требует совместного участия большой группы программистов и физиков, которые находятся в различных лабораториях и даже странах. Для всех разработчиков необходимо обеспечить обновление и хранение информации с использованием базы данных, форума и платформы самого веб-сайта. В зависимости от вида информации, будь то документы, публикации, события или еще какие-нибудь данные по теме эксперимента, она должна быть представлена в удобном для ознакомления или работы виде. Сегодня это можно реализовать с помощью сети Интернет. Также для плодотворной работы над проектом разработчикам необходимо виртуальное рабочее пространство с совместным доступом, обеспечение объединения всех программ каждого участника в одну систему и согласование совместной работы этих программ.

Затем необходимо тестирование общей работоспособности всей программной оболочки эксперимента. Для этих целей необходимо использовать централизованный веб-сервер со специальным ПО, позволяющим отслеживать изменения в проекте, производить автоматическое тестирование на ошибки и осуществлять публикацию тестовых результатов. Удобнее всего все это контролировать с помощью веб-сайта, объединяющего в себе все вышеперечисленные функции.

Веб-сайты современных экспериментов выполняют различные задачи:

- ознакомление с экспериментом и с ПО для эксперимента;
- предоставление ссылок на документацию и литературу по теме;
- возможность задать вопросы или найти ответы на форуме;
- доступность для скачивания необходимых программ и данных;
- готовые инструкции и примеры использования ПО эксперимента;
- возможность связаться с группой разработчиков ПО или подписаться на уведомления о новых событиях;

- ознакомление с историей развития ПО эксперимента и последних изменений;
- ознакомление с результатами тестирования работы ПО эксперимента;
- предоставление дополнительного инструментария для разработчиков.

До недавнего времени веб-сайты экспериментов проектировались с использованием статической структуры и имели ограниченную функциональность. Информацию было неудобно и трудоемко обновлять, и этим в основном занимались администраторы. Такой подход тормозил развитие проекта. Иным решением задачи создания веб-сайта для научного эксперимента выступают системы управления содержимым (СУС). Группа разработчиков такой СУС беспокоится о функциональности, безопасности и надежности своего продукта. Вовремя выпускает обновление версий и информирует об этом своих клиентов. Конечным пользователям СУС остается только выбрать подходящую систему и адаптировать ее для своих целей.

Основными требованиями со стороны разработчиков к веб-сайту проекта MpdRoot явились информативность, простота в работе, расширяемость, гибкая настройка прав пользователей и безопасность информации. Под эти требования наилучшим образом подошла свободно распространяемая СУС Drupal [9], которую уже используют разработчики других крупных проектов. Drupal представляет собой гибко настраиваемую, многофункциональную оболочку веб-сайта с удобным интерфейсом и хорошей информационной поддержкой среди Интернет-сообществ. Благодаря модульности системы Drupal не нужно с нуля разрабатывать какой-то инструмент работы с веб-сайтом, скорее всего он найдется в многочисленной базе модулей в Интернете [10].

## **2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ DRUPAL И ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТЧИКА**

Установка и настройка Drupal и дополнительных модулей позволили расширить функциональность сайта до необходимого уровня. Пользователи были поделены на 3 группы: анонимные, авторизованные и администраторы. Видимость страниц и функций веб-сайта теперь ограничена правами пользователей. Например, анонимные пользователи имеют ограниченный доступ к сайту и могут просматривать только разрешенные веб-страницы. Для авторизации необходимо зарегистрироваться и пройти проверку личности, что дает право на публикацию собственных материалов на веб-сайте, комментариев и использование других функций.

На рис. 1 показано, как выглядит главная страница сайта для авторизованного пользователя. В центре мы видим схематическое изображение детектора NICA/MPD. Слева несколько колонок последних новостей, раскрывающееся меню настроек и список пользователей, которые сейчас находятся в режиме

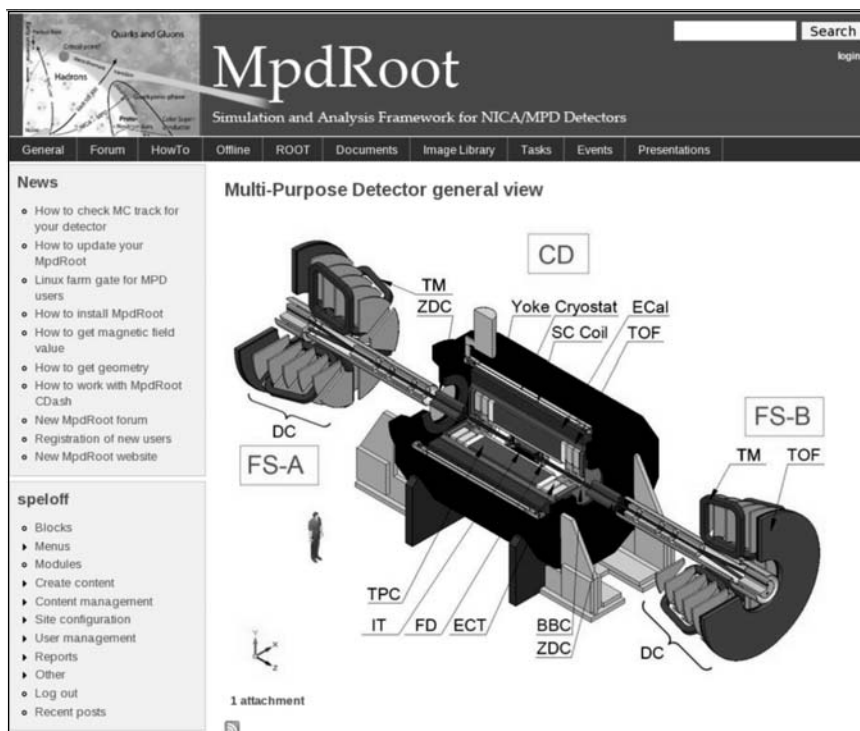


Рис. 1. Главная страница сайта

online, т.е. присутствуют на сайте. Вверху «шапка» сайта с окошком для поиска по содержанию, ссылка для авторизации и навигационное меню с «выпадающим» списком.

Приведенная выше организация меню и ссылок является наиболее удобной, простой и информативной для пользователей-физиков. Важные объявления могут быть полностью представлены на главной странице, чтобы на них сразу обратили внимание при посещении сайта. Новостная колонка отображает заголовки последних опубликованных сообщений на сайте, что помогает всегда быть в курсе новостей и не искать их по ссылкам. Меню пользователя имеет понятную иерархию и позволяет создавать, изменять различную информацию на сайте, а также редактировать личные настройки и отправлять письма пользователям сайта. Это очень удобно, например, когда видите пользователя в online списке, можно мгновенно отправить ему письмо.

Навигационное меню с «выпадающим» списком (рис. 2) содержит ссылки на материал по теме NICA/MPD, локальный форум, раскрывающийся список с инструкциями для работы, а также полезные инструменты для програм-

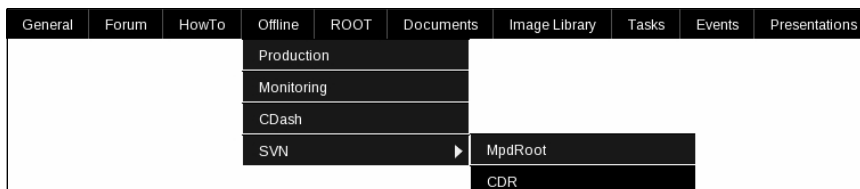


Рис. 2. Навигационное меню с «выпадающим» списком

местов. Эта страница постоянно обновляется, что позволяет всегда иметь свежую информацию на сайте.

Ссылки NICA, ROOT и FairRoot ведут на дополнительную информацию о проекте NICA, Framework ROOT и эксперименте FairRoot, послужившем примером для создания Framework MpdRoot. Эта дополнительная информация часто бывает полезной, потому что вплотную связана с проектом MpdRoot.

Для разработки нового проекта программного обеспечения MpdRoot была использована система контроля версий Subversion [11] с удобным веб-интерфейсом Trac [12], доступным по ссылке SVN. Эта система является простой и надежной в использовании, а также полностью удовлетворяет потребностям проекта набором своих функций. Поэтому эту систему используют многие сообщества разработчиков программного обеспечения, например Google [13], Apache [14], FairRoot и ROOT. Subversion служит для того, чтобы облегчить труд разработчиков и помочь им работать в команде, даже если они работают удаленно друг от друга. Она получила большую популярность, потому что является свободно распространяемой, доступной для большинства операционных систем и обладает всеми необходимыми возможностями для продуктивной работы в команде. Система контролирует все изменения, сделанные в ПО, что позволяет разработчику отследить всю историю работы с файлами и каталогами. При каждом изменении в Subversion проекту присваивается следующий порядковый номер версии и записывается комментарий изменения.

На рис. 3 показан веб-интерфейс Trac проекта MpdRoot, который является оболочкой для Subversion и предоставляет разработчику исчерпывающую информацию о содержании проекта, зависимости проекта от других источников и статистику изменений.

Система контроля ошибок в программном ПО MpdRoot ежедневно автоматически выполняет пять операций, обновляет локальную версию проекта из общего репозитория Subversion, конфигурирует ее и компилирует в отдельную папку, используя программу CMake [15]. Затем запускается тестирование откомпилированной версии с помощью подготовленных тестов и программы

| Name         | Size | Rev | Age       | Last Change  |
|--------------|------|-----|-----------|--|
| ./           |      |     |           |  |
| base         |      | 707 | 8 months  | zinchenko: Restore lost modifications.   |
| bbc          |      | 606 | 1 year    | litvin: support of new option at detector level  |
| cbmg4        |      | 280 | 1 year    | roleg: update to fairroot  |
| cmake        |      | 809 | 1 week    | gertsen: was corrected for Intel Compiler support  |
| cpc          |      | 810 | 1 week    | gertsen: debug string was deleted  |
| cuda         |      | 611 | 1 year    | gertsen: right path for compiled library cuda_imp  |
| emc          |      | 692 | 9 months  | litvin: remove old staff from PANDA  |
| etof         |      | 811 | 1 week    | gertsen: hidden variable was renamed   |
| eventdisplay |      | 626 | 10 months | gertsen: changes in fairbase   |
| ffd          |      | 606 | 1 year    | litvin: support of new option at detector level  |
| field        |      | 772 | 3 months  | gertsen: iterator was moved from global to local variable space to run in OpenMP ...     |
| fsa          |      | 705 | 8 months  | roleg: new hitproducer   |
| gconfig      |      | 638 | 10 months | gertsen: replace CbmStack? by FairStack?   |
| geane        |      | 766 | 4 months  | gertsen: update to fairbase version  |
| generators   |      | 633 | 10 months | litvin: follow current changes in fairbase   |
| geobase      |      | 670 | 10 months | gertsen: broken pointer to ROOTNode isn't being serialized now                           |
| geometry     |      | 755 | 4 months  | litvin: emc geometry created   |
| input        |      | 161 | 2 years   | root: Move geometry files in proper place  |
| kalman       |      | 812 | 1 week    | gertsen: return statement was added for non-void function                                |
| lhetrack     |      | 819 | 20 hours  | gertsen: "delete instance" (leak) was added  |
| macro        |      | 808 | 2 weeks   | rsalmin: Tpc bugs fixed => better resolution (vs previously committed version). Code ... |

Рис. 3. Веб-интерфейс Trac системы контроля версиями Subversion

CTest [16]. На заключительном этапе результаты тестирования публикуются на сайте, в веб-интерфейсе CDash [17] с одноименной ссылкой.

На рис.4 показаны этапы тестирования ПО MrdRoot на разных компьютерах. Разработчик может просмотреть результаты тестирования каждой версии и исправить ошибки в общем репозитории до дальнейшего тестиро-

| Site         | Build Name                                     | Update |     | Configure |      |     |       | Build |      |        |      | Test |      |                         |  | Build Time |
|--------------|--|--------|-----|-----------|------|-----|-------|-------|------|--------|------|------|------|-------------------------|--|------------|
|              |  | Files  | Min | Error     | Warn | Min | Error | Warn  | Min  | NotRun | Fail | Pass | Min  |                         |  |            |
| nc2.jinr.ru  | GNU_Linux-linux-x86_64-gcc4.1.1-fairsoft_jan10 | 0      | 0   | 0         | 0    | 0   | 0     | 33    | 6.8  | 0      | 0    | 7    | 7.1  | 2010-12-19T08:20:25 MSK |  |            |
| nc2.jinr.ru  | GNU_Linux-linux-x86_64-gcc4.1.1-fairsoft_jul09 | 0      | 0   | 0         | 0    | 0   | 0     | 33    | 6.8  | 0      | 0    | 7    | 6.8  | 2010-12-19T08:02:34 MSK |  |            |
| nc12.jinr.ru | GNU_Linux-linux-x86_64-gcc4.1.2-fairsoft_jan10 | 0      | 0   | 0         | 0    | 0   | 0     | 33    | 3.3  | 0      | 3    | 4    | 17.9 | 2010-12-19T08:20:04 MSK |  |            |
| nc11.jinr.ru | GNU_Linux-linux-x86_64-gcc4.1.2-fairsoft_jan10 | 0      | 0   | 0         | 0    | 0   | 0     | 33    | 3.4  | 0      | 0    | 7    | 4    | 2010-12-19T08:10:11 MSK |  |            |
| nc13.jinr.ru | GNU_Linux-linux-x86_64-gcc4.1.2-fairsoft_jan10 | 0      | 0   | 0         | 0    | 0   | 0     | 33    | 3.3  | 0      | 0    | 7    | 3.9  | 2010-12-19T08:05:05 MSK |  |            |
| Totals       | 5 Builds                                       | 0      | 0   | 0         | 0    | 0   | 0     | 165   | 23.6 | 0      | 3    | 32   | 39.7 |                         |  |            |

Рис. 4. Веб-интерфейс CDash и результаты тестирования ПО MrdRoot



| Testing started on 2010-12-19 05:23:22                            |        |          |                     |
|---|--------|----------|---------------------|
| <b>Site Name:</b> nc12.jinr.ru                                    |        |          |                     |
| <b>Build Name:</b> GNU_Linux-linux-x86_64-gcc4.1.2-fairsoft_jan10 |        |          |                     |
| <b>Total time:</b> 17:52:55                                       |        |          |                     |
| <b>OS Name:</b> Linux   |        |          |                     |
| <b>OS Platform:</b> x86_64  |        |          |                     |
| <b>OS Release:</b> 2.6.18-194.26.1.el5                            |        |          |                     |
| <b>OS Version:</b> #1 SMP Wed Nov 10 09:45:46 CET 2010            |        |          |                     |
| <b>Compiler Name:</b> unknown                                     |        |          |                     |
| <b>Compiler Version:</b> unknown                                  |        |          |                     |
| <b>3 tests failed.</b>  |        |          |                     |
| Name  | Status | Time (s) | Details             |
| run   | Failed | 2.22     | Completed (Failed)  |
| runKF   | Failed | 480.00   | Completed (Timeout) |
| tofKF   | Failed | 480.00   | Completed (Timeout) |

Рис. 5. Ошибки при тестировании на одном из компьютеров

вания или протестировать принудительно. Также использование Subversion позволяет вернуться к более ранней версии проекта, если ошибку не так просто исправить. Например, на рис. 4 видно, что есть предупреждения на этапе сборки ПО (Build) и ошибки на этапе тестирования на одном из компьютеров. Кликнув на ссылку с ошибками, можно посмотреть, в каких тестах и из-за чего они произошли (рис. 5).

Если возникают трудности в разработке ПО или с исправлением ошибок, то можно опубликовать информацию об этом на сайте или форуме. После публикации группа разработчиков получает уведомление на почту. Они совместно пытаются решить проблему, комментируя и предлагая свои идеи. Можно также написать инструкцию по решению часто возникающих проблем. Для этого нужно в меню пользователя выбрать ссылку «Create content → Page» (рис. 6).

Появится окошко «Create Page», в котором нужно написать название страницы и само сообщение. Дополнительно доступно множество настроек: можно указать размещение страницы, прикрепить файл или картинку, подписаться на новые комментарии к этой записи, опубликовать ее на главной странице или сохранить черновик.

Веб-страницы авторы могут редактировать нажатием на ссылку «Edit» вверху страницы. Авторизованные пользователи могут комментировать стра-

**Create Page**

**Title: \***

**Newsletter: \***

mpd news

- ▶ Menu settings

**Body:**

Split summary at cursor

This will be the body of your newsletter. Available variables are: !site (the name of your website), !uri (a link to your homepage), !uri\_brief (homepage link without the http://), !date (today's date), !login\_uri (link to login page), !confirm\_subscribe\_url (subscription confirmation link), !confirm\_unsubscribe\_url (unsubscribe link), !newsletter\_url (link to this newsletter issue), !newsletter\_name (name of this newsletter series).

- ▶ Input format

- ▶ Send newsletter

- ▶ Revision information

- ▶ Printer, e-mail and PDF versions

- ▶ URL path settings

- ▶ Comment settings

- ▶ File attachments

- ▶ Authoring information

- ▶ Publishing options

Save Preview

Рис. 6. Создание страницы в системе Drupal

ницы, а также распечатать или скопировать материал в виде pdf-документа нажатием на иконку в низу страницы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сайт объединил в себе всю информацию о проекте MpdRoot, инструменты для разработчиков и удобную виртуальную среду для общения, где можно прочитать новости проекта или найти полезные советы по настройке ПО. На сайте зарегистрированы все пользователи и разработчики программ эксперимента MPD, написаны инструкции по установке и использованию оболочки MpdRoot, созданы форум и скрипты по сбору информа-

ции с вычислительной фермы и других компьютеров проекта. По ссылке CDash можно посмотреть опубликованную статистику годовых результатов ежедневного тестирования разрабатываемого ПО. Благодаря этим результатам показана вся история развития ПО оболочки MpdRoot, исправлены многие ошибки в зависимостях файлов, в оптимизации работы и совместимости компонентов ПО. Планируется дальнейшее развитие системы тестирования ПО с добавлением новых инструментов, а также разработка интерфейса для запуска задач на вычислительном кластере.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Robertson L. From R&D to a Service for LHC Data Analysis // The Second Intern. Conf. «Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education». JINR, Dubna, 26–30 June, 2006.
2. Owens J. D., David Luebke, Naga Govindaraju. A Survey of General-Purpose Computation on Graphics Hardware // Computer Graphics Forum. 2007. V. 26, No. 1 P. 80–113.
3. Nuclotron-based Ion Collider fAcility and Multi-Purpose Detector. <http://nica.jinr.ru/>. 2011.
4. Многоцелевой детектор — MPD. Концептуальный дизайн-проект. [http://nica.jinr.ru/files/CDR\\_MPD/MPD\\_CDR\\_ru.pdf](http://nica.jinr.ru/files/CDR_MPD/MPD_CDR_ru.pdf). 2011.
5. Simulation and Analysis Framework for NICA/MPD Detectors. <http://mpd.jinr.ru/>. 2011.
6. FairRoot — Simulation and Analysis Framework. <http://cbmroot.gsi.de/>. 2011.
7. ROOT. A Data Analysis Framework. <http://root.cern.ch/drupal/>. 2011.
8. European Organisation for Nuclear Research. <http://public.web.cern.ch/public/>. 2011.
9. Drupal — Open Source Content Management System. <http://drupal.org/>. 2011.
10. Modules for Drupal. <http://drupal.org/project/modules/>. 2011.
11. Apache Subversion. Enterprise-Class Centralized Version Control for the Masses. <http://subversion.apache.org/>. 2011.
12. Trac is an Enhanced Wiki and Issue Tracking System for Software Development Projects. <http://trac.edgewall.org/>. 2011.
13. Google Searching System. <http://www.google.com/>. 2011.
14. The Apache Software Foundation. <http://www.apache.org/>. 2011.
15. CMake is a Family of Tools Designed to Build, Test and Package Software. <http://www.cmake.org/>. 2011.
16. The «CTest» Executable is the CMake Test Driver Program. <http://www.cmake.org/cmake/help/ctest2.6docs.html>. 2011.
17. CDash is an Open Source, Web-Based Software Testing Server. <http://www.cdash.org/>. 2011.

Получено 27 января 2012 г.

Редактор *А. И. Петровская*

Подписано в печать 26.04.2012.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,75. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 250 экз. Заказ № 57633.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: [publish@jinr.ru](mailto:publish@jinr.ru)

[www.jinr.ru/publish/](http://www.jinr.ru/publish/)