

Развитие компьютерной инфраструктуры ОФВЭ с точки зрения ОВС

на период до 2031

Автор текста: А.Е. Шевель

Текст создан: август 2026

Оглавление

Предисловие.....	1
1 Введение.....	1
2 Текущее состояние компьютерной инфраструктуры ОФВЭ.....	1
3 Техничко-административное будущее.....	2
4 Штатное расписание ОВС/ОФВЭ.....	3
5 Общие рекомендации.....	3
6 Заключение.....	3
7 Список ссылок.....	4
8 Краткий список популярных программно-технических инструментов для обработки данных ФВЭ....	4
9 Краткий список источников экспериментальных данных ФВЭ ожидающихся в ближайшие 1-5 лет....	5

Предисловие

Настоящий текст есть информация для руководства и сотрудников ОФВЭ.

1 Введение

В документе рассматриваются концептуальные рекомендации и направления развития централизованной компьютерной инфраструктуры ОФВЭ.

2 Текущее состояние компьютерной инфраструктуры ОФВЭ¹

Теперешняя компьютерная инфраструктура включает следующие компоненты.

- Локальная серверная сеть ОФВЭ в части вычислительных, информационных и служебных серверов, которая рассматривается в целом как информационно-вычислительный серверный кластер ОФВЭ в составе:
 - Облачное хранилище данных ОФВЭ (<https://lmsys001.pnpi.spb.ru:2180>). Число зарегистрированных пользователей более 60.
 - Вычислительный кластер rcfarm.pnpi.spb.ru микро-размера (сейчас 3 физических узла) с дисковой памятью примерно 25 ТБ. Кластер полностью виртуализирован с 2009 года, т.е. потребителям предоставляется набор виртуальных машин, которые

¹ Текущее состояние компьютерной инфраструктуры ОФВЭ регулярно освещается в докладе Шевеля А.Е. на учёном совете ОФВЭ в конце каждого календарного года. В данном документе упомянуты лишь основные моменты.

составляют виртуальный вычислительный кластер. Кластер используется как средство разработки и отладки, хранилище данных, шлюз для выхода вовне и для входа на серверы ОФВЭ снаружи института. **Число зарегистрированных пользователей более сотни.**

- Многоцелевой хостовый сервер npri-itmo (с 2014 года временно предоставлен ИТМО) используется в качестве вспомогательного сервера.
- **JupyterHub** (<https://hepd-lmsys001.pnpi.spb.ru:8019>) — средство интерактивного взаимодействия с компьютерной инфраструктурой для научных исследований.
- Информационные и технологические серверы:
 - вэб сервер ОФВЭ;
 - Некоторое число сервисов таких как:
 - DHCP, DNS для зоны npri.spb.ru)
 - Zabbix и Ganglia (мониторинг компьютерной инфраструктуры ОФВЭ), позволяют удалённое наблюдение за инфраструктурой и автоматическое информирование об аномальных событиях в компьютерной инфраструктуре.
 - GLPI (инвентаризация компьютерной инфраструктуры ОФВЭ), которое позволяет поддерживать описания устройств, замечания о возникающих проблемах и методах решения.
 - Graylog – система архивирования и анализа логов серверной инфраструктуры ОФВЭ.
- Централизованный принтинг (цветной принтер для оперативной печати приемлемого качества, 7/226).
- К сожалению аппаратная база серверной инфраструктуры ОФВЭ не обновляется уже 10 лет, хотя её следует обновлять ежегодно.

3 Техничко-административное будущее

Будущее компьютерной инфраструктуры в значительной степени обусловлено конкретными планами Отделения. Часть компонентов будет востребованной весь период существования Отделения, т.е. должна поддерживаться и развиваться постоянно.

- Информационно-вычислительный серверный кластер – останется в ОФВЭ и в обозримом будущем, что обусловлено спецификой использования вычислительных ресурсов: набор прикладных программ, версии ОС, общая методика использования. Необходимость микро кластеров в относительно небольшой физической лаборатории рассмотрена в моей работе [1]. В целом характер использования вычислительных систем сейчас и в будущем совершенно различен в ФВЭ, нейтронной физике, биологии, теоретических изысканиях.
- Централизованный принтинг (цветной принтер для оперативной печати) – вероятнее всего останется в ОФВЭ в обозримом будущем (*не обязательно в ОВС*). Принтер требует постоянной поддержки в смысле приобретения расходных компонентов (от 3 до 4 комплектов в год; 4 картриджа в комплекте; в текущих ценах примерно 150+К рублей). Вероятность, что такой сервис станет в ближайшие 3-5 лет частью централизованного сервиса в масштабе института мала.

4 Штатное расписание ОВС/ОФВЭ

В отделе на полную ставку имеется три сотрудника включая начальника отдела. Остальные два человека (закончившие аспирантуру ИТМО) приняты на полставки удалённо. Поддержка со стороны удалённых сотрудников весьма существенна, поскольку они являются высококвалифицированными специалистами по компьютерной инфраструктуре. Основным способ взаимодействия обмен сообщениями (мейлы, мессенджеры) и каждую неделю технический аудио митинг ОВС с протоколом.

Я полагаю, что привлечение удалённых высококвалифицированных сотрудников включая студентов старших курсов, аспирантов, а также закончивших аспирантуру является важным кадровым резервом.

5 Общие рекомендации

- Мировые тенденции в компьютерной инфраструктуре таковы, что организация вычислений (в том числе крупно-масштабных) переходит в компьютерные облака и консолидируется в облачных системах разного вида. Тенденции в компьютерной инфраструктуре ФВЭ рассмотрены в [2].
- В связи с появлением новых источников экспериментальных данных в ближайшие годы (см раздел) следует активно осваивать технологию искусственных нейронных сетей в симуляции, анализе данных, проектировании детекторов. Обзор использования больших языковых моделей (Large Language Models – LLM²) на основе нейронных сетей в ФВЭ и их прогнозируемое развитие был представлен в [3].
- Следует организовать доступ сотрудников ОФВЭ к соответствующей вычислительной инфраструктуре (локальной и/или удалённой) с использованием GPU необходимой производительности.
- Важно поддерживать
 - расширение возможностей коммуникационных каналов между корпусами внутри ПИЯФ до 10 Gbit как минимум;
 - проекты долговременного надёжного хранения данных (физических и документальных) внутри ОФВЭ и в Институте;
 - проекты по искусственным нейронным сетям включая применение больших языковых моделей (Large Language Models - LLM) в ПИЯФ;
 - проекты по созданию защищённого сетевого периметра Института.

6 Заключение

Компьютерная инфраструктура ОФВЭ есть важный компонент деятельности Отделения, недостаток финансирования консервирует стагнацию во всех аспектах, даже если кто-то думает иначе.

В любом случае следует готовиться к будущим проектам и исследованиям в том числе к сотрудничеству с ведущими исследовательскими лабораториями мира. К этому надо готовить необходимые инструменты включая компьютерную инфраструктуру Отделения.

Последние 40 лет компьютерная инфраструктура Отделения модернизировалась с опережением централизованных ресурсов Института: кластеры состоящие из ЕС ЭВМ и

2 https://en.wikipedia.org/wiki/Large_language_model

мини-ЭВМ, кластеры под Линукс, появление Интернет и веб сервера отделения, облачное хранилище и прочее появлялось (если появлялось) как централизованный ресурс на 5 и более лет позже. Это опережение способствовало поддержанию сотрудников Отделения в надлежащей форме в отношении использования компьютерной инфраструктуры в экспериментах во всех ведущих лабораториях. Необходимость определяется в частности спецификой предметной области, которая находится на фронтире исследований фундаментальных свойств материи.

Для получения оценок финансовых затрат на серверы Отделения полезно рассматривать конфигураторы, например ООО КОМПСЕРВЕР (<https://compserver-configurator.ru/>). Пример оценки примерного перспективного варианта приведён на рисунке 1.

Информация о заказе

Товар	Итого
Сервер CS-212650N 2x Intel Xeon 6 2XG6-2U12-NVMe × 1	70223 ₽
Intel Xeon 6515P (2.3 - 3.8GHz, 16 ядер/32 потока, 72Mb) LGA4710-2(E2B), DDR5-6400, TDP-150W × 1	126924 ₽
Охлаждение CPU активное, 2U, LGA 4710, 2300-11000 об/мин, TDP 550W × 1	9824 ₽
Материнская плата Supermicro X14DBI-T, E-ATX, 2xLGA4710 Xeon Gen6 (до 350W, до 144 ядер), 16xDDR5-6400MHz до 4Tb, 8000MHz до 1Tb(16x64Gb) MRDIMM (P-core only), 10xSATA3 (RAID 0,1,5,10), 3xM.2 PCI-e 5.0 x8 (6xNVMe дисков), 2xM.2 (PCIe 5.0 x4 PCI), 4xPCIe 5.0 x16, 2xPCIe 5.0 x8, 2x10GbE (broadcom BCM57416), ASPEED AST2600 BMC, VROC, IPMI, VGA × 1	156970 ₽
Модуль памяти 64GB ECC 5600MHz DDR5 Reg, Enterprise series × 2	572320 ₽
HDD 4TB SAS 3.0 (12 Гбит/с) 7200 об/мин 3,5" 256MB buffer, Enterprise series, Recertified × 4	104922 ₽
SSD 960GB NVMe U.2 Intel D5-P5530 Gen4, 2.5" R/W 5500/1600 Mb/s, 3D TLC, (DWPD 1) 1700 TBW, 15мм × 2	137004 ₽
2-х портовый 10/100/1000/10000 Мбит/сек, PCI-E адаптер Ethernet (RJ-45), чип Intel X540 × 1	8984 ₽
Блок питания 1200W Negorack, 2U, КПД 90%, PFC, 24/7, серверный, MTBF 100000 часов, NR-12012P-1M1 × 1	30847 ₽
Видеокарта Nvidia RTX A4500 20GB, GDDR6, PCI-E x16 4.0, 200W × 1	135398 ₽
Модуль удаленного управления IPMI 2.0 (RG-45) интегрирован в материнскую плату × 1	0 ₽
Телескопические направляющие 26" CS-rails-650-2U (рельсы для серии CS-2U), Compserver × 1	3240 ₽
Стандартное гарантийное обслуживание 1 год. Диагностирование неисправностей удаленно в течение 3-х рабочих дней. Срок ремонта до 21 рабочего дня. Доставка сервера или комплектующих за счет Продавца. × 1	0 ₽
Подытог:	1356656

Figure 1: Примерная оценка стоимости конкретного серверного комплекта.

7 Список ссылок

1. Andrey Shevel // The role of micro size computing clusters for small physics groups // 2014 J. Phys.: Conf. Ser. 513 062045 // <http://iopscience.iop.org/1742-6596/513/6/062045>
2. Johannes Albrecht and 100 other authors "A Roadmap for HEP Software and Computing R&D for the 2020s" <https://doi.org/10.1007/s41781-018-0018-8>
3. Sioni Summers(CERN), Alex Tapper(Imperial Coll., London), Thea Klæboe Arrestad (ETH, Zurich (main)), Chen Qin (Imperial Coll., London), Karin Rathsmann (ESS, Lund), et al // *Roadmap on fast machine learning for science* // <https://inspirehep.net/literature/3132156>.

8 Краткий список популярных программно-технических инструментов для обработки данных ФВЭ

- ROOT: Analyzing petabytes of data, scientifically <https://root.cern.ch/>
- uproot - <https://uproot.readthedocs.io/en/latest/>
- awkward - Array is the core Python library for doing columnar analysis on nested, jagged

event data coming from ROOT (via uproot), RDataFrame, Parquet, etc. // <https://awkward-array.org/doc/main/>

- RooAgent - a new LLM-based assistant for ROOT-based HEP analysis: it exposes common PyROOT analysis tasks as “tools” an LLM agent can call in response to natural language prompts // <https://github.com/amanmdesai/RooAgent>
 - Aman Desai // “RooAgent: An LLM Agent for Root-Based High Energy Physics Analysis” // <https://arxiv.org/html/2605.17318v1>
- CernVM File System <https://github.com/cvmfs/cvmfs>
 - <https://www.eessi.io/docs/training-events/2025/tutorial-best-practices-cvmfs-hpc/cvmfs/what-is-cvmfs/>
- Coffea <https://coffea-hep.readthedocs.io/en/latest/>
- REANA (REusable ANALysis) <https://reana.cern.ch>
 - Tibor Šimko, Lukas Heinrich, Harri Hirvonsalo, Dinos Kousidis, and Diego Rodríguez // “REANA: A System for Reusable Research Data Analyses” // <https://doi.org/10.1051/epjconf/201921406034>

9 Краткий список источников экспериментальных данных ФВЭ ожидающихся в ближайшие 1-5 лет

1. <https://nica.jinr.ru/> - NICA will provide variety of beam species ranged from protons and polarized deuterons to very massive gold ions. Heavy ions will be accelerated up to kinetic energy of 4.5 GeV per nucleon, the protons – up to 12.6 GeV.
2. <https://www.skatelescope.org> – The Square Kilometre Array (SKA) project is an international effort to build the world’s largest radio telescope, with eventually over a square kilometre (one million square metres) of collecting area. Also see <https://astronomers.skatelescope.org/ps://elt.eso.org> Largest telescope
3. <https://home.cern/science/accelerators/high-luminosity-lhc> - The High-Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC) project aims to crank up the performance of the LHC in order to increase the potential for discoveries after 2027.
4. <https://www.km3net.org> – KM3NeT is a research infrastructure housing the next generation neutrino telescopes.
5. <https://www.cta-observatory.org/> - Cherenkov Telescope Array (CTA) will be ten times more sensitive and have unprecedented accuracy in its detection of high-energy gamma rays. Together, the northern and southern CTA arrays will constitute the CTA Observatory (CTAO), which will be the first ground-based gamma-ray observatory open to the worldwide astronomical and particle physics communities as a resource for data from unique, high-energy astronomical observations.
6. <https://est-east.eu> – The European Solar Telescope (EST) is a next generation large-aperture solar telescope. With a 4.2-metre primary mirror, it will be optimized for studies of the magnetic coupling of the solar atmosphere.
7. <https://www.gsi.de/en/researchaccelerators/fair> - international accelerator facility FAIR, one of the largest research projects worldwide.
8. <https://www.panosc.eu> - The PaNOSC project, Photon and Neutron Open Science Cloud, brings together six strategic European research infrastructures (ESRF, CERIC-ERIC, ELI Delivery Consortium, the European Spallation Source, European XFEL and the Institut Laue-Langevin – ILL, and the e-infrastructures EGI and GEANT, with the goal of contributing to the construction and development of the EOSC, an ecosystem allowing universal and cross-disciplinary open access to data through a single access point, for researchers in all scientific fields.

9. <https://www.dunescience.org/> -An International Experiment for Neutrino Science.

Начальник ОВС/ОФВЭ

А.Е. Шевель

shevel_aye@[pnpi.nrcki.ru](mailto:shevel_aye@pnpi.nrcki.ru)

+7 921 353 9421