

Приложение 1.

*Форма открытия (продления) Темы /
Крупного инфраструктурного проекта*

УТВЕРЖДАЮ

Вице-директор Института

_____/_____
“ ____ ” _____ 202_ г.

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОТКРЫТИЯ / ПРОДЛЕНИЯ
ТЕМЫ / КРУПНОГО ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПРОЕКТА
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ПРОБЛЕМНО-ТЕМАТИЧЕСКОМ ПЛАНЕ ОИЯИ**

1. Общие сведения о крупном инфраструктурном проекте (далее КИП)

1.1. Шифр КИП — 2024 –

1.2. Лаборатория информационных технологий им. М.Г. Мещерякова

1.3. Научное направление Сети, компьютинг, вычислительная физика

1.4. Наименование КИП Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс (МИВК)

1.5. Руководители КИП Кореньков В.В., Шматов С.В.

1.6. Заместители руководителя КИП Долбилов А.Г., Подгайный Д.В., Стриж Т.А.

2. Научное обоснование и организационная структура

2.1. Аннотация

Реализация проекта Многофункционального информационно–вычислительного комплекса (МИВК) ЛИТ ОИЯИ в 2017-2023 гг. заложила фундамент для его дальнейшего развития и эволюции с учетом новых требований к вычислительной инфраструктуре для научных исследований на базе современных информационных технологий согласно 7–летнему плану развития ОИЯИ на 2024–2030 гг.

Следует отметить и тот факт, что быстрое развитие информационных технологий и новые требования пользователей стимулируют развитие всех компонент и платформ МИВК, что привело к корректировке планов в предыдущей семилетке. Основным и важнейшим достижением стало создание новой компоненты МИВК – гиперконвергентной вычислительной системы – суперкомпьютера «Говорун». Таким образом МИВК стал уникальным вычислительным комплексом, обеспечивающим многофункциональность, масштабируемость, высокую производительность, надежность и доступность в режиме 24x7x365 с разнородной системой хранения данных для различных групп пользователей.

Вычислительная инфраструктура МИВК включает четыре современные программно-аппаратные компоненты: грид-сайты Tier1 и Tier2, гиперконвергентный суперкомпьютер «Говорун», облачную инфраструктуру и распределенную многоуровневую систему хранения данных. Этот набор компонент обеспечивает уникальность МИВК на мировом ландшафте и позволяет научному сообществу ОИЯИ и стран-участниц использовать все современные вычислительные технологии в рамках одного вычислительного комплекса.

Развитие и модернизация МИВК на 2024-2030 гг. планируются в рамках **Крупного инфраструктурного проекта (КИП)** как совокупности действий, требующих значительных финансовых и организационных ресурсов по эксплуатации и реконструкции Базовой установки МИВК и направленных на модернизацию и развитие основных аппаратно-программных компонент вычислительного комплекса, создание современной программной платформы, позволяющей решать широкий спектр научно-исследовательских и прикладных задач в соответствии с Семилетним планом ОИЯИ.

В рамках КИП МИВК предусмотрена как поддержка функционирования всех программно-аппаратных компонент МИВК – грид-сайтов уровня Tier1 и Tier2, облачной инфраструктуры, гиперконвергентного суперкомпьютера «Говорун», многоуровневой системы хранения данных, сетевой инфраструктуры, систем энергоснабжения и климат контроля, так и модернизация/реконструкция перечисленных выше компонент в соответствии с новыми тенденциями развития ИТ-технологий и требованиями пользователей. Необходимо также обеспечить высокоскоростные телекоммуникации, современную локальную сетевую инфраструктуру и надежную инженерную инфраструктуру, обеспечивающую гарантированное энергообеспечение и кондиционирование серверного оборудования.

Главной целью проекта является максимально возможное, в рамках выделенного бюджетного финансирования, удовлетворение потребностей научного сообщества ОИЯИ для решения актуальных задач – от теоретических исследований и обработки, хранения и анализа экспериментальных данных до решения прикладных задач в области наук о жизни. Приоритетными будут являться задачи проекта NICA, нейтринной программы, задачи обработки данных экспериментов на LHC и других масштабных экспериментов, а также поддержка пользователей Лабораторий ОИЯИ и стран-участниц. Платформа HybriLIT с СК «Говорун» рассматривается как основной ресурс для высокопроизводительных гибридных вычислений.

На развитие всех компонент МИВК финансирование, выделенное на 2024 – 2030 гг., составляет 55135,7 kUSD. Финансирование дополнительного (сверх запланированного в проекте) расширения вычислительных ресурсов и систем хранения данных для нейтринной программы и проекта NICA предусматривается за счет бюджета конкретных экспериментов и коллабораций.

В рамках проекта предусмотрено включение двух активностей, которые, как и проект, нацелены на удовлетворение требований большого числа научно-исследовательского и административного персонала:

— развитие цифровой платформы «Цифровая экосистема ОИЯИ», интегрирующей существующие и перспективные сервисы поддержки научной, административной и социальной деятельности, а также сопровождения инженерной и ИТ-инфраструктур Института, что в свою очередь обеспечит надежный и безопасный доступ к данным различного типа и даст возможность всестороннего анализа информации с применением современных технологий Больших данных и искусственного интеллекта.

— создание многоцелевой программно-аппаратной платформы аналитики Больших данных на основе гибридных аппаратных ускорителей; алгоритмов машинного обучения; инструментов аналитики, отчетов и визуализации; поддержки пользовательских интерфейсов и задач.

2.2. Подпроекты КИП

Подпроекты не нужны, т.к. такой подход нарушит согласованное функционирование МИВК.

Предусмотрены две активности: цифровая экосистема (Digital JINR) и многоцелевая программно-аппаратная платформа аналитики Больших данных.

2.3. Научное обоснование

(цель, актуальность и научная новизна, методы и подходы, методики, ожидаемые результаты, риски).

Концепция развития информационных технологий, научных вычислений и Data Science в Семилетнем плане ОИЯИ предусматривает создание научной ИТ-инфраструктуры, объединяющей множество различных технологических решений, тенденций и методик. ИТ-инфраструктура предполагает согласованное развитие взаимосвязанных ИТ-технологий и вычислительных методов, направленных на максимальное увеличение числа решаемых стратегических задач ОИЯИ, требующих интенсивных вычислений с данными.

Особое место в этой концепции занимает крупный инфраструктурный проект «Многофункциональный информационно-вычислительный комплекс», включая суперкомпьютер «Говорун».

На настоящий момент МИВК является уникальным вычислительным комплексом, интегрирующим различные архитектурные серверные решения и технологии в единое целое на базе сетевых и инженерных решений. МИВК включает в себя четыре основных компонента: распределенные грид-вычисления, суперкомпьютер «Говорун», облачные вычисления и распределенное хранилище данных. Главная цель проекта – обеспечение многофункциональности, масштабируемости, высокой производительности, надежности и доступности в режиме 24x7x365 для различных групп пользователей, выполняющих научные исследования в рамках ПТП ОИЯИ.

Все компоненты МИВК работают на уровне лучших международных стандартов в режиме 24x7. Грид-компонента Tier1 регулярно занимает лидирующее место среди Tier1 сайтов, обрабатывающих данные эксперимента CMS на LHC в мире. Сайт ОИЯИ Tier2 является лучшим в Российском консорциуме «Российский Грид для интенсивных операций с данными» (Russian Data Intensive Grid – RDIG). Современный гиперконвергентный суперкомпьютер «Говорун» построен на жидкостном охлаждении и современных процессорах и по результатам 2022 года имеет производительность 1,1 Петафлопс с двойной точностью и занимает 35 место в мировом рейтинге IO500. Разработан и постоянно совершенствуется механизм мониторинга функционирования всех компонент МИВК.

Для достижения главных целей ведущих проектов ОИЯИ потребуется обрабатывать огромное количество экспериментальных данных. Согласно весьма грубой оценке, это десятки тысяч процессорных ядер. В частности, для проекта NICA необходимы грид-инфраструктуры уровней Tier0, Tier1 и Tier2, для нейтринной программы ОИЯИ, а также регионального центра обработки данных эксперимента JUNO – вычислительные ресурсы и ресурсы. Для поддержки стратегических исследований в ОИЯИ необходимо развивать распределенные многоуровневые гетерогенные вычислительные среды, в том числе и на ресурсах участников других проектов и коллабораций.

Предполагается, что центры Tier0 и Tier1 для проекта NICA и Tier1 для JUNO будут построены на ресурсах ОИЯИ, включая сотни петабайт долговременного хранилища необработанных данных. Это позволит обеспечить 25–30 % всех вычислительных ресурсов в распределенной системе, предоставление и поддержку основных сервисов для распределенной вычислительной системы (DIRAC, PanDA и др.).

Системы распределенных вычислений DIRAC, PanDA и др. показали свою успешность в рамках проекта WLCG и не только.

Программное обеспечение DIRAC Interware — это комплексное сетевое решение для одного или нескольких сообществ пользователей, которым необходимо использовать распределенные разнородные ресурсы. DIRAC создает слой между сообществом и различными вычислительными ресурсами, обеспечивающий их оптимизированное, прозрачное и надежное использование. DIRAC позволяет интегрировать вычислительные ресурсы, включая сети,

облака, суперкомпьютеры, ресурсы хранения, ресурсы каталога. Многие сообщества используют DIRAC, старейшим и наиболее опытным из которых является сотрудничество LHCb. С 2016 года в ОИЯИ создаётся сервис для единого доступа к гетерогенным распределённым вычислительным ресурсам на основе открытой платформы DIRAC Interware, куда входят все основные вычислительные ресурсы ОИЯИ. Кроме того, в распределённую информационно-вычислительную среду на основе платформы DIRAC были интегрированы облачные инфраструктуры научных организаций стран-участниц ОИЯИ, кластер Национального автономного университета в Мексике и ресурсы Национальной исследовательской компьютерной сети. На данный момент этот сервис используется для решения задач коллабораций всех трех экспериментов на ускорительном комплексе NICA: MPD, BM@N и SPD, а также нейтринного телескопа Baikal-GVD.

Система обработки и распределённого анализа данных PanDA (Production and Distributed Analysis) была разработана в соответствии с требованиями ATLAS к производству и анализу для системы управления рабочей нагрузкой, способной работать в масштабе обработки данных LHC. Масштабируемость PanDA была продемонстрирована в ATLAS благодаря быстрому росту ее использования за последнее десятилетие. PanDA была разработана таким образом, чтобы иметь возможность гибко адаптироваться к новым вычислительным технологиям в области обработки, хранения данных, создания сетей и промежуточного программного обеспечения для распределённых вычислений. В ОИЯИ на базе этой системы была переведена обработка эксперимента COMPAS в распределённую систему. В настоящее время прорабатывается применение PanDA для системы сбора и обработки данных эксперимента SPD.

Следует обратить внимание на вопрос финансирования ресурсов для коллабораций на NICA и нейтринной программы ОИЯИ. Выделенный на ЛИТ бюджет позволит только частично удовлетворить их требования, и дополнительные финансы должны быть получены из финансирования коллабораций.

Емкость хранилища данных и вычислительных мощностей для проекта WLCG (Worldwide LHC Computing Grid), направленного на решение задач, связанных с участием ОИЯИ в экспериментах ЦЕРН, должны увеличиваться ежегодно на 10–20%, что позволит сохранить требуемую скорость обработки данных.

Для разработки новых алгоритмов обработки и анализа данных на основе глубокого и машинного обучения потребуются поддержка и развитие инфраструктуры высокопроизводительных вычислений. Суперкомпьютер «Говорун» — это гибкая, масштабируемая, гиперконвергентная система, сочетающая в себе вычислительные архитектуры разных типов, иерархическую систему обработки и хранения данных. Развитие СК «Говорун» направлено на создание среды для суперкомпьютерного моделирования и решения ресурсоемких теоретических и экспериментальных задач ОИЯИ. Такая исследовательская среда необходима для параллельных вычислений, задач ML/DL/AI, квантовых вычислений, инструментов анализа и визуализации данных, прикладных пакетов, веб-сервисов для прикладных программ, учебных курсов и практик.

Одним из главных приоритетов Семилетнего плана являются расширение облачной инфраструктуры ОИЯИ и создание интегрированной облачной среды для экспериментов ОИЯИ и его стран-участниц на основе технологий контейнеризации. Прогресс в этой области будет во многом зависеть от готовности экспериментов к переходу на такой рабочий процесс.

Важными для функционирования МИВК являются сервисы нижнего уровня. Следует отметить, что без бесперебойной работы этих сервисов работа МИВК и ИТ инфраструктуры ОИЯИ невозможна в принципе. К ним относятся:

- DNS и IPDB – сервисы регистрации и разрешения адресов и имён сетевых элементов;
- сервис синхронизации времени на всех машинах ОИЯИ;
- [web]mail.jinr.ru – электронная почта;
- Kerberos и LDAP – сервисы регистрации пользователей ИТ инфраструктуры и аутентификации и авторизации пользователей (в частности и сервис SSO);
- AFS – распределённая файловая система, хранилище домашних (HOME) директорий

- пользователей;
- CVMFS и GIT – система распределённого доступа и организации версий ПО коллабораций и групп пользователей;
- EOS – система хранения и доступа к большим (десятки и сотни ПБ) объёмам данных, обеспечивает удобное и быстрое хранилище экспериментальной информации и её обработку на вычислительных компонентах и рабочих станциях пользователей;
- ряд сервисов для грид в ОИЯИ и международных коллабораций.

Интеграция компонент МИВК в единый взаимозависимый комплекс не позволяет подойти к его рассмотрению как набору подпроектов, имеющих свое кадровое обеспечение и финансирование. Такой подход является рискованным и неоправданным как с организационной точки зрения, так и со стороны распределения кадровых и финансовых ресурсов.

Инженерная инфраструктура МИВК

Как крупный инфраструктурный проект МИВК обеспечивает функционирование вычислительных компонент и систем хранения данных благодаря инженерным системам, которые являются общими для всех компонент. Инженерные системы МИВК предназначены для обеспечения надежной, бесперебойной и отказоустойчивой работы информационно-вычислительной системы и сетевой инфраструктуры. Использование комплексного подхода к построению инженерной инфраструктуры МИВК позволило проработать алгоритмы работы оборудования и взаимодействия отдельных систем как в штатном режиме эксплуатации, так и при аварийных ситуациях, чем была обеспечена непрерывность работоспособности вне зависимости от внешних факторов. Такими системами являются системы гарантированного электропитания, системы электроснабжения, системы бесперебойного питания, дизельные генераторные установки, системы климат контроля, системы охлаждения, специальные инженерные системы, системы вытяжной вентиляции, противопожарные системы и системы пожаротушения, системы автоматического оповещения, видеонаблюдение, пожарная автоматизация.

Следует обратить внимание, что еще одним неотъемлемым свойством инженерной инфраструктуры является ее масштабируемость, возможность которой была определена на основании анализа перспектив роста вычислительного оборудования на 3 - 4 года.

Главная задача очередного этапа модернизации и развития инженерной инфраструктуры МИВК состоит в обеспечении бесперебойным электроснабжением, кондиционированием и вентиляцией всех компонент Комплекса в соответствии с ростом вычислительных мощностей.

Основные усилия в новой Семилетке будут направлены на модернизацию инженерных систем МИВК, связанных с реконструкцией в соответствии с современными требованиями машинного зала 4-го этажа ЛИТ. Эта задача выходит на первый план в связи с необходимостью создания центра долговременного хранения данных для экспериментов на NICA и нейтринной программы ОИЯИ.

Совместно с этим будет производиться модернизация систем гарантированного и бесперебойного электропитания для залов 2-ого и 4-ого этажей. В плане развития электропитания МИВК предлагается:

- модернизация электропитания до мощностей, заложенных в инфраструктурной части проекта МИВК (до 8 x 300 КВт ИБП);
- разработка и установка системы электропитания зала 4-ого этажа;
- реализация проекта дополнительного источника электроснабжения от Дубненской ГЭС для обеспечения МИВК электропитанием первой категории;
- завершение реконструкции питания систем холодоснабжения и климат контроля;
- модернизация схем и решений бесперебойного электроснабжения комнат мониторинга и управления МИВК.

Существующее на настоящий момент холодильное оборудование МИВК — это комплекс взаимосвязанных установок различных схем воздушного и жидкостного охлаждения, благодаря слаженной работе которых создается соответствующий температурный режим, обеспечивающий

функционирование Комплекса в режиме 24x7x365. Теплообменное оборудование — это испарители и конденсаторы, а также рекуператоры. Они обеспечивают осуществление важных теплообменных процессов с участием холодильного агента и хладоносителя. Насосные станции управляются автоматически, что сводит к минимуму убытки при возникновении чрезвычайных ситуаций в работе насосов, преимущественно, циркуляционных. Следует отметить, что трубопроводные коммуникации, холодильные агрегаты быстро поддаются коррозионному процессу и периодически нуждаются в восстановлении отдельных испорченных элементов.

Развитие и модернизация системы климатического контроля должны происходить с учетом новых технологических решений, применяемых в современных вычислительных центрах для создания требуемого микроклимата внутри помещения, и должны удовлетворять потребностям развития всех компонент МИВК. В настоящий момент система климатического контроля МИВК содержит следующие компоненты: свободное охлаждение аппаратуры охлажденным воздухом машинного зала; подпольная подача холодного воздуха с принудительным отводом горячего вентиляционными панелями; охлаждение холодного коридора модуля межрядными кондиционерами; жидкостное охлаждение элементов вычислительных машин. По типу отвода тепла система климатического контроля МИВК относится к смешанному типу исполнения, сочетающего в себе системы с испарением холодильного агента и системы с промежуточным хладоносителем.

Реконструкция системы климат контроля машинного зала 4-ого этажа здания ЛИТ потребует как разработки проекта, так и закупки нового оборудования согласно проекту.

В рамках плановой модернизации схем охлаждения холодных коридоров Tier2 с использованием межрядных кондиционеров необходимо заменить существующие кондиционеры ASD 531 G, выработавшие 10-летний срок, определяемый заводом-изготовителем. Кондиционеры ALD 622 G выработают срок работы в 10 лет в 2026 году. Для работы по новой схеме этих холодных коридоров требуются монтаж дополнительного кольца труб диаметра 250 мм и закупка фреоновых межрядных кондиционеров. Также необходимо перевести Tier1 с автономного охлаждения на общую схему охлаждения водой. Такой переход связан с тем, что срок работы в 10 лет двух чиллеров ARAF 1205 заканчивается в 2024 году.

В связи с расширением вычислительного оборудования в машинных залах потребуются обеспечение работоспособности дополнительных холодных коридоров и приобретение восьми и более однотипных холодильных машин общей мощностью 800 Квт для осуществления резервирования.

Планируемый прирост потребления электропитания и холодоснабжения приведен в таб. 1.

Таблица 1.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Энергопотребление, кВт	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Холодоснабжение, кВт	1400	1700	2000	2300	2600	2800	3000

Сетевая инфраструктура ОИЯИ и МИВК

Развитие информационных технологий и проекта МИВК напрямую связано с дальнейшим развитием сетевой инфраструктуры ОИЯИ, без развития которой немислимо создание распределенных систем обработки и хранения данных в рамках научно-исследовательской программы ОИЯИ и которая не может быть рассмотрена как отдельно стоящая компонента. Сетевая инфраструктура в рамках проекта МИВК обеспечивает внешние телекоммуникационные каналы связи, связь между пользователями МИВК через локальную сеть ОИЯИ, связь и обмен данными через локальную сеть МИВК. Сетевая инфраструктура – это сложный комплекс многофункционального сетевого оборудования и специализированного ПО, который является фундаментом для созданной и продолжающей постоянно развиваться информационно-вычислительной инфраструктуры ОИЯИ.

Она состоит из следующих функциональных частей: внешнего оптического

телекоммуникационного канала передачи данных ОИЯИ-Москва; опорной магистрали локальной компьютерной сети ОИЯИ; локальных компьютерных сетей подразделений Института и локальной сети МИВК.

Сеть МИВК и ОИЯИ имеет прямые соединения с рядом научных, образовательных и публичных сетей. Линии связи имеют следующие скоростные параметры: с сетью LHCOPN – 2x100 Гбит/с; с сетью LHCONE – 2x100 Гбит/с; с сетью GEANT – 10 Гбит/с; с сетью RBnet – 10 Гбит/с; с сетями Москвы и С.-Петербурга – 10 Гбит/с; с Public Internet – 10 Гбит/с.

В настоящее время основная оптическая транспортная среда (магистраль или Campus backbone) передачи данных работает со скоростью 2x100 Гбит/с. Она состоит из трех оптических колец.

Распределенная многоузловая кластерная сеть (Cluster BackBone) между площадками ЛЯП и ЛФВЭ со скоростью 4x100 Гбит/с призвана обеспечить надежную передачу и хранение физических данных, полученных от основных узлов вычислительного оборудования Комплекса NICA, для их обработки и анализа на компонентах МИВК.

В Семилетнем плане предусмотрена поддержка современных сетевых технологий: программно-определяемые сети (SDN), сети доставки содержимого (CDN), именованные сети передачи данных (NDN) и технологии построения распределенных центров обработки данных (DCI) Data Center Interconnect.

Планируемое развитие магистральной опорной сети (Campus BackBone) и распределенной многоузловой кластерной сети (Cluster BackBone) приведено в таб. 2.

Таблица 2.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cluster BackBone, Гбит/с	400	400	400	800	800	800	800
Campus BackBone, Гбит/с	200	200	200	200	400	400	400

Развитие грид-компоненты МИВК

Ресурсы грид-центров МИВК ОИЯИ более 15 лет являются частью глобальной грид-инфраструктуры WLCG, созданной для экспериментов на Большом адронном коллайдере и предоставляющей распределенные вычислительные ресурсы для ежегодной обработки, анализа и хранения данных. Эти работы по использованию грид-инфраструктуры в рамках проекта WLCG ведутся в сотрудничестве с коллаборациями CMS, ATLAS, ALICE и основными международными центрами, в которых функционируют как Tier1 центры для эксперимента CMS (CH-CERN, DE-KIT, ES-PIC, FR-CCIN2P3, IT-INFN-CNAF, US-FNAL-CMS, UK RAL), так и грид-центры уровня Tier2, расположенные в более чем в 170 вычислительных центрах в 42 странах мира.

С начала 2000-х годов в ЛИТ ОИЯИ, совместно с мировыми центрами, ведутся работы как по созданию, так и по расширению и модернизации вычислительных кластеров, построенных на распределенных грид-технологиях для обработки и хранения данных экспериментов на LHC. В ЛИТ ОИЯИ был создан центр уровня Tier2, который обеспечивал и обеспечивает обработку и анализ данных как всех экспериментов на LHC, так и работу всех виртуальных организаций экспериментов, участниками которых являются сотрудники ОИЯИ. Сегодня Tier2 обеспечивает обработку данных всех экспериментов на NICA и является наиболее производительным в российском консорциуме RDIG (Russian Data Intensive Grid).

С 2015-го года в ЛИТ ОИЯИ работает полномасштабный WLCG сайт уровня Tier1 для эксперимента CMS. Важность развития, модернизации и расширения вычислительной производительности и систем хранения данных этого центра диктуется программой научных исследований эксперимента CMS, в котором активно участвуют физики ОИЯИ в рамках коллаборации RDMS CMS. Сам факт создания и поддержки работы сайта уровня Tier1 в ОИЯИ свидетельствует о высоком уровне квалификации сотрудников ЛИТ ОИЯИ, обеспечивающих функционирование этой компоненты МИВК. Таких центров для CMS всего 7 в мире, и сайт

ОИЯИ стабильно занимает лидирующее место по производительности, демонстрируя почти 100% уровень доступности и надежности.

В отношении аппаратного обеспечения планируется линейное увеличение характеристик Tier1, Tier2/ЦИВК в соответствии с цифрами, заложенными в Семилетний план развития ОИЯИ по проекту МИВК.

Следует отметить, что благодаря интеграции ресурсов МИВК на платформе DIRAC в августе 2019 года первый пакет задач моделирования данных для эксперимента MPD был отправлен на ресурсы грид-сайтов Tier1 и Tier2. Таким образом эти грид-сайты стали регулярно использоваться для моделирования данных экспериментов комплекса NICA.

Инфраструктура и сервисы сайтов Tier1 (JINR-T1) и Tier2 (JINR-LCG2) обеспечивают работу:

- вычислительной службы,
- службы хранения данных,
- службы доступа к домашним директориям пользователей,
- службы доступа к версиям программного обеспечения пользователей,
- сервисов поддержки ГРИД,
- службы передачи данных,
- системы управления распределенными вычислениями,
- информационной службы (мониторинг, информационные сайты).

Вычислительные службы обеспечиваются набором специальных базовых сервисов. В их число входит менеджер рабочей нагрузки Slurm, который представляет собой бесплатный планировщик заданий с открытым исходным кодом для Linux и Unix-подобных систем и используется многими мировыми суперкомпьютерами и вычислительными кластерами. Для организации вычислений в грид-среде используется Advanced Resource Connector (ARC) — промежуточное программное обеспечение для грид-вычислений. Оно обеспечивает общий интерфейс для передачи вычислительных задач различным распределенным вычислительным системам и, таким образом, может включать грид-инфраструктуры различного размера и сложности. Набор служб и утилит, обеспечивающих интерфейс, называется ARC Computing Element (ARC-CE) – программное обеспечение с открытым исходным кодом, распространяемое под лицензией Apache 2.0. Как и SLURM, ARC-CE используется на большинстве грид-сайтов в мире.

Для управления данными на грид-сайтах используется Rucio — программная платформа, предоставляющая возможности для организации, управления и доступа к большим объемам данных с использованием настраиваемых политик. Данные могут быть распределены по глобально распределенным и разнородным центрам обработки данных, объединяя различные технологии хранения и сетевые технологии в единую федеративную структуру. Rucio предлагает расширенные функции, такие как распределенное восстановление данных или адаптивная репликация, и отличается высокой масштабируемостью, модульностью и возможностью расширения. Rucio начинает широко использоваться на грид-сайтах проекта WLCG.

Системы хранения программного обеспечения и данных

Машины интерактивного кластера и вычислительных ферм имеют ограниченное дисковое пространство, предназначенное для хранения собственно ОС, некоторых дополнительных утилит, временных файлов пользователей с непродолжительным сроком хранения.

Распределённая глобальная система AFS используется для хранения и доступа к домашним директориям пользователей и программному обеспечению небольшого объёма пользователей и групп пользователей.

Глобально доступная система ведения и доступа в большим программным комплексам коллабораций и групп пользователей работает на основе программного обеспечения, разработанного в CERN — CVMFS. Для автоматизации правок и сборки такого ПО используется сервисы GIT.

В качестве основных систем хранения данных и ПО в МИВК используются системы dCache,

EOS.

dCache – традиционная для грид-сайтов МИВК файловая система, ориентированная на хранение больших объёмов экспериментальных данных. Для локального доступа к файлам используется собственный протокол dCache DCAP или любой протокол доступа к файлам системы GRID. Аутентификация пользователей осуществляется через протокол kerberos и сертификаты виртуальных организаций. На всех машинах МИВК EOS видна как локальная файловая система и позволяет читать и писать данные авторизованным пользователям через протокол xrootd (xrscp), scp, rsync и т.п. Такая схема работы с EOS распространена на все ресурсы МИВК. Глобальный доступ к EOS осуществляется средствами ПО WLCG (gridftp). В настоящее время EOS используют для хранения VM@N, MPD, SPD, baikalgvd, danss, dayabay, dstau, er, fobos, genetics, juno, lgd, panda и др.

В предстоящие годы необходимо существенно увеличить объём для хранения данных на системе EOS. Эта система хранения и доступа к данным должна стать основной системой для всех компонент МИВК, а в дальнейшем и для всех вычислительных ресурсов ОИЯИ.

Файловая система CVMFS служит для развертывания больших пакетов программного обеспечения коллабораций, работающих в WLCG. Она используется для запуска приложений обработки данных экспериментов. Файлы и каталоги размещаются на стандартных веб-серверах и монтируются в универсальном пространстве имен /cvmfs. В настоящее время на МИВК хранятся версии ПО NICA, VM@N, MPD, dstau, er, jjnano, juno, baikalgvd.

С началом сеансов на комплексе NICA потребуется интенсивное наращивание долговременных систем хранения данных на роботизированных ленточных библиотеках. Кроме ленточного робота для эксперимента CMS в Tier1 требуется в 2024-2030 гг. создать долговременное хранилище данных для экспериментов на комплексе NICA, нейтринной программы и других групп пользователей. Для этого нужно предусмотреть обновление существующей ленточной библиотеки IBM TS3500 до уровня TS4500 с увеличением её ёмкости до 30-40 ПБ в 2024-2025 гг. и приобрести новые ленточные библиотеки согласно запросам экспериментов.

Создаётся система долговременного хранения данных пользователей и коллабораций на основе разработанного в CERN комплекса ПО — СТА (CERN Tape Archive). Система позволяет долговременно хранить данные на различных носителях информации, в основном на ленточных роботизированных системах. Система будет полностью включена в инфраструктуру МИВК. Основные компоненты СТА — EOS с добавлением инфраструктуры работы с ленточными роботами и манипуляций с мета информацией хранимых файлов.

Программным обеспечением грид-сайтов МИВК и систем хранения являются: EOS, cvmfs, RUCIO, ALICE VObox, XROOTD 3, UMD-4, VOMS, WLCG standard program stack, BDI top, BDI site, glide, openafs, CentOS Scientific Linux release 7.9, GCC: gcc (GCC) 4.4.7, C++: g++ (GCC) 4.4.7, GNU Fortran (GCC), dCache-6.2, Enstore 6.3 for tape robot, СТА. Так как происходит постоянное обновление операционных систем и базового программного ПО, вышеуказанные версии будут меняться.

Для более простого и надёжного обновления различного системного ПО МИВК установлены и настроены тестовые мини установки большинства ключевых компонентов, включая систему пакетной обработки Slurm, dCache, EOS, СТА. Это позволит быстро и без существенных проблем в основных установках проводить необходимые обновления ПО.

В таб. 3 приведен планируемый прирост ресурсов грид-сайтов и систем хранения по годам.

Таблица 3.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Tier1 CPU, ядер	1000	1000	7000	2000	6000	7000	5000
Tier1 диск, ТБ	1000	1500	2000	2000	2000	1000	2000
Tier2 CPU, ядер	1000	1000	1000	1000	4000	6000	6000

EOS МИВК, ПБ	10	8	3	15	5	13	12
Ленты МИВК, ПБ	20	20	40	0	40	0	20

Программное обеспечение на Tier1, Tier2/ЦИВК требует постоянной поддержки и обновления. Это касается как промежуточного ПО WLCG на Tier1 и Tier2, так и общего ПО ЦИВК.

Дальнейшее развитие должна получить единая система доступа к программному обеспечению CVMFS. CVMFS рассматривается так же, как и EOS, как единая универсальная система доступа к различному ПО, установленному на одном сервере и доступному на всех интерактивных и счётных машинах МИВК и всего ОИЯИ. CVMFS достаточно давно и очень успешно применяется для этих целей многими виртуальными организациями WLCG. В ближайшем будущем CVMFS заменит хранилища специализированного ПО в AFS.

Облако ОИЯИ

Опыт эксплуатации облачных ресурсов и хранилищ на базе ПО serp положительно оценён как индивидуальными пользователями, так и научными проектами.

В рамках данного направления КИП планируется продолжить развитие облачной компоненты МИВК как с точки зрения наращивания аппаратных ресурсов (вычислительных и хранения), так и расширения спектра решаемых задач и числа потребителей.

В ходе реализации задач 7-летнего плана по развитию облачной компоненты МИВК планируется перейти от использования хранилища на базе serp и шпиндельных дисков к использованию хранилища на базе этого же ПО, но с использованием SSD дисков. Предыдущий опыт эксплуатации serp-хранилища на базе HDD выявил его недостаточную производительность при высоких нагрузках (одновременная работа нескольких тысяч вычислительных задач на облачных ресурсах и параллельно с этим функционирование сервисов различных диапазонов обслуживания (общеинститутского, уровня эксперимента или индивидуального пользовательского). Serp-хранилище на базе SSD существенно более производительнее за счёт более высокого количества операций ввода-вывода в единицу времени, а также более низких задержек.

В таб. 4 приведены ориентировочные цифры по увеличению облачных ресурсов, планируемых к приобретению за средства Лаборатории информационных технологий к концу указанного года.

Таблица 4.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ядра CPU, шт.	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Емкость serp-хранилища на базе HDD, ПБ	0	0	0	0	0	0	0
Емкость serp-хранилища на базе SSD, ТБ	360	360	300	300	300	300	300

Информационно-вычислительная среда для нейтринных экспериментов с участием ОИЯИ

Потребности современных нейтринных экспериментов в объёмах хранилищ данных и вычислительных мощностях, необходимых для получения значимого научного результата, существенно возросли. Для эффективного использования ресурсов информационно-вычислительной среды нейтринных экспериментов, в которых принимают участие сотрудники ОИЯИ, совместно ЛИТ и ЛЯП была создана единая нейтринная информационно-вычислительная платформа (среда) на базе ресурсов МИВК.

На данный момент и в перспективе нескольких лет наибольшие потребности в ресурсах хранения и вычислительных мощностях испытывают следующие нейтринные научные эксперименты с участием ОИЯИ: Baikal-GVD, JUNO, NOvA/DUNE.

Baikal-GVD

Телескоп Baikal-GVD состоит из кластеров гирлянд. На 2022 год запущено в эксплуатацию 10 кластеров. В планах коллаборации устанавливать по 2 новых кластера ежегодно. С каждого кластера собирается около 3-5 ТБ первичных данных в год. Первичные данные хранятся на дисковом хранилище EOS для возможности их быстрой переобработки. Копия данных будет храниться на ленточных носителях. За 2022 год полный объем первичных данных с телескопа примерно равен 30 Тб и с каждым годом будет увеличиваться на 6-10 Тб.

Обработанные данные занимают примерно такой же объем, какой занимают первичные данные. Модельные данные занимают объем, превышающий объем первичных данных в 5 раз.

Потребности всего эксперимента Baikal-GVD в вычислительных серверах на момент полного развертывания установки оцениваются в 2500 ядер CPU, которые будут использоваться для обработки первичных данных, симуляции детектора, а также для физических анализов.

На данный момент эксперимент Baikal-GVD использует ресурсы облачной инфраструктуры ОИЯИ в качестве вычислительных, а также ресурсы облачного хранилища в качестве промежуточных ресурсов для хранения данных (основное хранилище данных эксперимента — EOS). Часть вычислительных ресурсов предоставляется эксперименту в виде выделенных виртуальных машин с суммарным количеством ядер CPU 320, а другая часть — на нейтринной информационно-вычислительной платформе.

В планах локальной группы эксперимента увеличивать количество выделенных для собственных нужд эксперимента облачных ресурсов на 300 ядер CPU, 3000 ГБ ОЗУ и 200 ТБ дискового пространства ежегодно.

Суммарное планируемое количество ресурсов эксперимента, доступных пользователям, по годам представлено в таб. 5.

Таблица 5.

Baikal-GVD	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ядра CPU, шт.	300	300	300	300	300	300	300
Диски, ТБ	200	200	200	200	200	200	200

JUNO

В рамках эксперимента JUNO после запуска установки ожидается поступление первичных данных в объеме 2 ПБ/год. Эксперимент запланирован на 20 лет. Соответственно, полный набор необработанных данных к концу эксплуатации JUNO оценивается в 40 ПБ. Необработанные данные будут долговременно храниться на ленточных накопителях.

В рамках коллаборации JUNO было достигнуто соглашение о том, что необработанные данные будут храниться по крайней мере в 2-х дата-центрах: один в Китае (ИФВЭ), один в Европе.

Одну полную копию необработанных данных планируется хранить в МИВК ОИЯИ.

Помимо необработанных данных, хранящихся на ленточных накопителях, необходимо предоставить дисковое хранилище, используемое при обработке данных. Оценка объемов дискового хранилища по типам данных представлена в таб. 6.

Таблица 6.

Тип данных	Требуемый объем, ТБ		
	Постоянная часть	На каждый год	Всего (на 20 лет)
Реконструкция из необработанных данных		10	200
Калибровочные данные		1	20

Моделирование МК		150	3000
Анализ данных	100		100
Всего	100	161	3500

Как видно из таб. 6, основная часть пространства требуется для хранения данных моделирования (МК). Данные МК будут обновляться 2 раза в год, а их объем будет пропорционален объему набранных данных.

Остальные типы данных требуют на порядок меньшего объёма. Дополнительный объем пространства, который потребуется для хранения вторичных данных, в дополнение к необработанным, к концу эксперимента оценивается в 3,5 ПБ.

Потребности всего эксперимента JUNO в вычислительных серверах оцениваются в 12000 ядер CPU, которые будут использоваться как для непрерывной обработки необработанных данных и моделирования, так и для анализа.

Предварительный вклад ОИЯИ к концу работы эксперимента оценивается в 4000 ядер CPU, предоставляемых коллаборации JUNO.

Кроме того, для нужд эксперимента активно используются графические процессоры (GPU). На них выполняется реконструкция данных с применением машинного обучения (нейросетями и усиленными решательными деревьями). GPU-устройства, установленные в сервера, с помощью соответствующих технологий становятся доступными для использования прикладным ПО изнутри облачной виртуальной машины.

Планируемый прирост ресурсов эксперимента, доступных пользователям, по годам представлен в таб. 7.

Таблица 7.

JUNO	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ядра CPU, шт.	1500	1250	800	400	0	0	0
Диски, ПБ	5	5	5	5	5	5	5
Ленты, ПБ	5	5	5	5	5	5	5

NOvA/DUNE

Эксперименты NOvA и DUNE уже на протяжении нескольких лет являются активными пользователями ресурсов облачной инфраструктуры ОИЯИ, а также используют ресурсы облачного хранилища и хранилища на базе dCache в качестве ресурсов для хранения данных. В эксперименте DUNE ОИЯИ участвует в качестве грид-сайта Tier2, что накладывает на ОИЯИ дополнительные обязательства по объему предоставляемых эксперименту вычислительных ресурсов.

Увеличение ресурсов планируется в основном для нужд эксперимента DUNE, так как эксперимент NOvA уже подходит к своему завершению. Эксперимент DUNE является еще строящимся экспериментом, запуск основных детекторов которого планируется в 2028 году. На данный момент потребности в вычислительных ресурсах связаны в основном с обработкой данных с прототипов детекторов и тестированием и отладкой различных моделей построения компьютеринга. По завершении обработки данных на основе прототипов детекторов в период 2026-2028 гг. не ожидается роста потребностей эксперимента в вычислительных ресурсах. Потребность в дополнительных ресурсах ожидается только после запуска основных детекторов эксперимента. Суммарное запланированное количество ресурсов, необходимых пользователям, для обоих экспериментов представлено в таб. 8.

Таблица 8.

NOvA и DUNE	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
-------------	------	------	------	------	------	------	------

Ядра CPU, шт.	1250	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Диски, ПБ	1	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7

Развитие гетерогенной платформы HybriLIT, включающей в себя суперкомпьютер «Говорун»

Развитие гетерогенной платформы HybriLIT будет осуществляться как в плане наращивания вычислительных ресурсов и ресурсов обработки и хранения данных суперкомпьютера «Говорун», так и в плане развития и внедрения новейших вычислительных архитектур и IT-решений, востребованных пользовательским сообществом.

Дальнейшее развитие СК «Говорун» будет основано на принципах, заложенных при его создании. Архитектура СК «Говорун» разрабатывалась, исходя из современных тенденций развития научного компьютеринга, как высокопроизводительная масштабируемая система с жидкостным охлаждением, обладающая гиперконвергентной и программно-определяемой архитектурой. В текущую конфигурацию СК «Говорун» входят вычислительные модули, содержащие GPU и CPU компоненты, а также иерархическая система обработки и хранения данных. Суммарная пиковая производительность суперкомпьютера «Говорун» составляет 1,1 Пфлопс для расчетов с двойной точностью (2,2 Пфлопс для расчетов с одинарной точностью) и скоростью чтения/записи 300 Гб/с для иерархической системы обработки и хранения данных. Положенный в основу СК «Говорун» гиперконвергентный подход к построению вычислительного комплекса позволяет создавать вычислительные среды, программно-аппаратная конфигурация которых оптимизирована для конкретных задач пользователей, без изменения аппаратуры самих вычислительных узлов. Гиперконвергентность позволяет «оркестрировать» вычислительными ресурсами и элементами хранения данных и создавать вычислительные системы с учетом потребностей пользовательских приложений. Благодаря гиперконвергентности СК «Говорун» обладает гибкой архитектурой, позволяющей создавать программно-конфигурируемые НРС-подсистемы, что качественно отличает его от других суперкомпьютеров, обладающих, как правило, «жесткой» архитектурой и предназначенных для эффективного решения узкоспециализированных классов задач.

Опыт эксплуатации СК «Говорун» выявил необходимость в создании инструментов для работы с Большими данными, прежде всего, для мегапроекта NISA. В связи с этим на СК «Говорун» была разработана и внедрена иерархическая система обработки и хранения данных с программно-определяемой архитектурой. По скорости доступа к данным система разделена на уровни: очень горячие данные – наиболее востребованные данные, к которым в настоящий момент требуется обеспечить самый быстрый доступ, горячие данные и теплые данные. Каждый уровень разработанной системы хранения данных может использоваться как самостоятельно, так и в составе рабочих процессов обработки данных. В настоящий момент на СК «Говорун» в качестве слоя очень горячих данных осуществляется внедрение новейшей технологии DAOS (Distributed Asynchronous Object Storage) для обработки больших данных, показавшей свою перспективность для задач глубокого обучения и для работы квантовых симуляторов при эмуляции большего числа кубитов. Задачи массовой генерации и реконструкции данных эксперимента MPD NISA активно используют иерархическую систему обработки и хранения данных СК «Говорун». При этом на разных этапах рабочих процессов возникает потребность в разной скорости доступа к данным, например, для задач долговременного хранения скорость доступа не является важным фактором, а для задач реконструкции – играет существенную роль. Также для ряда задач MPD возникла потребность в большом объеме оперативной памяти, что привело к необходимости включения в архитектуру суперкомпьютера гиперконвергентных узлов с большим объемом памяти. Таким образом, методологически, для обеспечения всех рабочих процессов для задач мегапроекта NISA на СК «Говорун» создана система, сочетающая в себе как вычислительные архитектуры различных типов, так и развитую иерархическую систему обработки и хранения данных. Вычислительные ресурсы и иерархическая система

обработки и хранения данных СК «Говорун» были интегрированы на базе платформы DIRAC в распределенную гетерогенную среду, включающую в себя ресурсы ОИЯИ и стран-участниц. Практика использования различных вычислительных ресурсов ОИЯИ и других институтов коллаборации MPD показала, что на данный момент наиболее эффективным является использование ресурсов именно СК «Говорун».

Гибкая архитектура СК «Говорун» дает возможность не только проводить расчеты, но и использовать суперкомпьютер как научно-исследовательский полигон для выработки программно-аппаратных и ИТ-решений для задач, решаемых в ОИЯИ. Это свойство позволило развернуть полигоны для квантовых вычислений и для обработки экспериментальных данных ЛРБ, включить ресурсы СК «Говорун» в единую гетерогенную среду на основе платформы DIRAC для проекта NICA и задействовать его ресурсы для реализации программы сеансов массового моделирования данных эксперимента MPD. Следует отметить, что некоторые задачи для моделирования данных эксперимента MPD возможно выполнить только на ресурсах СК «Говорун». В таб. 9 приведено планируемое увеличение количества вычислительных ядер, количества GPU ускорителей и увеличение объема иерархической системы обработки и хранения данных.

Таблица 9.

Гетерогенная платформа HybriLIT. Суперкомпьютер «Говорун».	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Полное количество CPU-ядер	11000	11000	11000	14000	14000	14000	17000
Полное количество GPU-ускорителей	40	64	64	64	64	88	88
Прирост объема иерархической системы обработки и хранения данных, ПБ	8	8	14	14	20	20	20

Следует отметить, что прирост количества вычислительных ядер, количества GPU-ускорителей и увеличение объема иерархической системы обработки и хранения данных сверх плана будет определяться потребностями пользователей, в том числе потребностями мегапроекта NICA, а осуществляться за счет привлечения финансирования из бюджетов экспериментов, совместных грантов и других источников.

Развитие информационно-компьютерного комплекса NICA на 2023-2030 гг.

Одним из ключевых элементов проекта NICA является информационно-вычислительный комплекс. Полученные на установке данные необходимо не только обработать для получения физических результатов, но и сохранить для их дальнейшей обработки и анализа. В Семилетнем плане предусмотрено создание центра долговременного хранения данных на ресурсах МИВК в ЛИТ (Tier0). Процесс моделирования, обработки и анализа экспериментальных данных, получаемых с детекторов BM@N, MPD и SPD, будет реализовываться в распределенной вычислительной среде на базе МИВК и вычислительных центров ЛФВЭ и стран-участниц коллабораций.

Информационно-компьютерный блок Комплекса NICA состоит из:

- **on-line кластера NICA**, предназначенного для сверхбыстрого приема данных с DAQ в скоростной циклический буфер, 5-10% предварительной обработки полученных данных на предмет корректности принимаемой информации, передачи полученной информации на обработку и хранение на off-line кластеры NICA;
- **off-line кластера NICA в ЛФВЭ**, предназначенного для обработки и анализа полученных от on-line кластера NICA данных для получения физического результата, моделирования изучаемых процессов и установок, мониторинга узлов Комплекса

NICA;

- всех компонент МИВК (Tier1, Tier2, СК «Говорун», облачных вычислений).
- многоуровневой **системы хранения данных для:** принятых с off-line кластеров необработанных (raw) данных для долговременного хранения («холодный» слой) на ленточных библиотеках; обработанных (реконструированных) и смоделированных данных («теплый» слой) для последующего анализа на системе EOS; быстрый прием обрабатываемых на off-line кластерах в конкретный момент времени данных («горячий» слой). Объем данных, связанных с долгосрочным хранением реконструированных и смоделированных данных, может достигать 50-60% от общего объема необработанных данных, полученных с детектора. Учитывая, что необработанные данные по мере их калибровки и реконструкции будут переноситься на ленты, именно реконструированные и смоделированные данные будут занимать основной объем «теплого» слоя данных. Доступ к этим данным должен сохраняться в течение всего времени работы эксперимента/коллораации для получения новых физических результатов. В настоящее время «холодный» слой реализуется на роботизированных ленточных библиотеках, «теплый» слой – на шпиндельных дисках, «горячий» слой – на твердотельных носителях.
- **распределенной вычислительной сети**, предназначенной для сверхбыстрого объединения всех элементов и узлов информационно-компьютерного блока Комплекса NICA.

Для дальнейшего 7-летнего развития информационно-компьютерного блока Комплекса NICA и соответствия его ежегодно возрастающим физическим данным, получаемым от установок Комплекса NICA, требуется: увеличение производительности off-line кластера для моделирования, реконструкции и обработки данных; расширение дискового (EOS) и ленточного хранилищ; модернизация вычислительной сети распределенного Комплекса NICA.

В таб. 10 приведена ежегодная потребность в вычислительных мощностях и ресурсах хранения, числа указаны с учетом необработанных событий, реконструированных и смоделированных данных и учитывая то, что одновременно установки работать не будут – часть ресурсов может быть использована экспериментами совместно, в том числе привлекая сторонние организации.

Таблица 10.

NICA Tier 0,1,2	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
CPU(Пфлопс)	2,2	2,6	8,6	8,6	15,6	15,6	15,6
DISK (ПБ)	17	24	47	75	96	119	142
TAPE (ПБ)	45	88	170	226	352	444	536
NETWORK (Гбит/с)	400	400	800	800	800	1000	1000

Следует обратить внимание, что приведенные в таблице ресурсы могут быть ориентировочно удовлетворены на 20-25% из отведенного на МИВК бюджета.

Система мониторинга МИВК

Успешное функционирование всего вычислительного комплекса обеспечивается системой мониторинга всех компонент МИВК, которая должна быть актуальной и современной. Для этих целей предусматривается:

- расширение системы мониторинга за счет интеграции в нее локальных систем слежения за системами электропитания (дизель-генераторы, распределительные узлы электропитания, трансформаторы и источники бесперебойного питания);
- организация мониторинга системы охлаждения (градирни, насосы, контуры горячей и холодной воды, теплообменники, холодильные машины);
- создание центра управления инженерной инфраструктурой (специальные информационные панели для визуализации всех статусов инженерной

инфраструктуры МИВК в единой точке доступа).

Стабильная работа определённых типов оборудования зависит от слежения за большим количеством параметров. Для таких задач не всегда эффективны подходы по заданию фиксированных порогов для определения неисправностей. Одним из решений является разработка интеллектуальных систем, которые на базе обучающих выборок позволят распознать аномалии во временных рядах, что приведет к необходимости создания специальной аналитической системы в рамках системы мониторинга для автоматизации процесса.

Переход к проектному планированию научной деятельности и планированию ресурсов МИВК по запросам пользователей требует разработки специальной системы учета по использованию ресурсов МИВК каждым проектом/пользователем. В настоящий момент такая система учета организована для групп пользователей на грид-инфраструктуре МИВК. Запланировано создание единой системы учета ресурсов всех компонент МИВК: от суперкомпьютера «Говорун» до систем хранения данных.

Информационная безопасность

В основе информационной безопасности лежит деятельность по защите информации, обеспечению её конфиденциальности, доступности и целостности, а также по недопущению ее компрометации. В связи с этим необходимо выработать решения, позволяющие сформировать и обеспечить политики информационной безопасности для администраторов, операторов и пользователей информационных систем. Для этих целей предполагается выполнение таких работ, как:

- единый сервис аутентификации пользователей ресурсов и сети ОИЯИ;
- внедрение сервисов аутентификации и авторизации распределенных систем обработки данных для экспериментов комплекса NICA на основе единого сервиса аутентификации;
- подготовка пользователей путем прохождения курсов по информационной безопасности и регулярного тестирования;
- разработка и внедрение регламента регистрации пользователей с учетом специфики принадлежности пользователей к различным группам, ассоциированным со штатной структурой и тематическим планом ОИЯИ;
- система мониторинга и безопасности сети ОИЯИ;
- ведение регламентов по выполнению требований безопасности для цифровых сервисов;
- ведение системы регулярного тестирования на уязвимости.

Активности

В проекте предусмотрено включение двух активностей, которые, как и проект, нацелены на удовлетворение требований большого числа научно-исследовательского и административного персонала.

Первая активность связана с созданием многоцелевой программно-аппаратной платформы аналитики Больших данных на основе гибридных аппаратных ускорителей (GPU, FPGA, квантовые системы); алгоритмов машинного обучения; инструментов аналитики, отчетов и визуализации; поддержки пользовательских интерфейсов и задач. Одной из задач, которая планируется быть решенной на платформе, является разработка единой аналитической системы управления ресурсами МИВК и потоками данных для повышения эффективности использования вычислительных ресурсов и ресурсов хранения и упрощения процесса обработки данных новых экспериментов.

Вторая активность связана с началом работ по разработке проекта общеинститутской цифровой платформы «Цифровая экосистема ОИЯИ». Основной целью является организация цифрового пространства с единым доступом и обменом данными между электронными системами, а также автоматизация действий, требовавших ранее личного или письменного обращения. Платформа должна обеспечить интеграцию существующих и перспективных

сервисов поддержки научной, административной и социальной деятельности, а также сопровождение инженерной и IT-инфраструктур Института.

Пользователь получит возможность единой точки входа в цифровую среду ОИЯИ, через которую будет осуществляться доступ к масштабной сети разнообразных сервисов. Интерфейс «Цифровой экосистемы» будет представлять собой «витрину» цифровых сервисов и ресурсов с возможностью осуществления определенного набора действий (например, управления учетными записями) либо перехода на полнофункциональную версию сервиса. Примерами сервисов являются ресурсы для пользователей базовых установок, библиотечные сервисы, серверы документов, вычислительные ресурсы МИВК, административные сервисы 1С (финансы, кадры, электронный документооборот) и т.д.

В рамках создаваемой платформы зарегистрированные пользователи (имеющие учетную запись ОИЯИ – Single Sign-On, SSO) смогут оформлять и согласовывать различные документы в электронном виде, а также регистрироваться и использовать научные и административные сервисы без заполнения бумажных форм и личного посещения ответственных за них сотрудников. В интегральном личном кабинете сотрудника будет доступна система оповещений от различных сервисов (например, о документах, ожидающих подписания). Уровень доступа к сервисам будет зависеть от должности сотрудника и выполняемых им функциональных обязанностей. Для администраторов сервисов будет организован удобный интерфейс, позволяющий оперативно обновлять информацию. Часть ресурсов станет доступна и для незарегистрированных пользователей: телефонный справочник, информация по диссертационным советам, научное программное обеспечение, карта ОИЯИ.

В рамках цифровой платформы будет развиваться геоинформационная система ОИЯИ, включающая интерактивную карту, информацию по зданиям и прочим объектам ОИЯИ (планы зданий, инженерные и прочие сети, размещение персонала, учет и анализ использования помещений с учетом класса, типа и предназначения) и т.д. Геоинформационная система позволит осуществлять быстрый и удобный поиск информации как по зданиям, так и по сотрудникам ОИЯИ. Предполагается использование технологии мобильных роботов и элементов квантового управления для решения задач автоматической экспликации помещений (построения планов зданий) и локализации объектов на карте.

Платформа должна предоставлять надежный и безопасный доступ к данным различного типа, возникающим в процессе работы Института, — от открытых до конфиденциальных. Выборка данных из ключевых сервисов будет помещаться в хранилище для дальнейшего совместного анализа с использованием технологий Больших данных и искусственного интеллекта. На основе таких данных, как сведения о публикациях сотрудников, финансовая информация, использование вычислительных ресурсов, будет возможен автоматизированный мониторинг показателей функционирования как отдельных проектов, так и Института в целом.

Заключение

Запланированные выше работы по модернизации и дальнейшему масштабированию ресурсов МИВК обусловлены быстрым развитием информационных технологий и новыми требованиями экспериментов, проводимых в ОИЯИ и с участием ОИЯИ.

Многофункциональность, высокая надежность и доступность в режиме 24x7, масштабируемость и высокая производительность, надежная система хранения данных, информационная безопасность и развитая базовая программная среда для различных групп пользователей являются основными требованиями, которым должен удовлетворять МИВК как современный научный вычислительный комплекс.

В таблице 11 приведены оценки ресурсов компонент МИВК, которые могут быть достигнуты с учетом цен на оборудование 2022-2023 гг.

Таблица 11.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Гетерогенная платформа HybriLIT. Суперкомпьютер «Говорун».							

Полное количество CPU-ядер	11000	11000	11000	14000	14000	14000	17000
Полное количество GPU-ускорителей	40	64	64	64	64	88	88
Полный объем иерархической системы обработки и хранения данных, ПБ	8	8	14	14	20	20	20
Грид-сайт Tier1							
Производительность Tier1 HEPS06	350000	400000	500000	550000	650000	750000	850000
Полное количество CPU-ядер	22000	23000	30000	32000	38000	45000	50000
Полный объем хранения данных, ТВ	14500	16000	18000	20000	22000	23000	25000
Грид-сайт Tier2							
Производительность Tier2 HEPS061	187000	204000	221000	238000	306000	408000	510000
Полное количество CPU-ядер	11000	12000	13000	14000	18000	24000	30000
Система хранения данных							
Полный объем «Озера» данных на EOS, ПБ	27	35	38	53	58	71	83
Полный объем роботизированного ленточного хранилища, ПБ	70	90	130	130	170	170	190
Облачные вычисления							
Полное количество CPU-ядер	2072	3072	4072	5072	6072	7072	8072
Емкость серв-хранилища на базе SSD, ТБ	868	968	1068	1168	1268	1368	1468

Ожидаемые результаты:

1. Модернизация инженерной инфраструктуры МИВК ОИЯИ (реконструкция в соответствии с современными требованиями машинного зала 4-ого этажа ЛИТ).
2. Модернизация и развитие распределенной вычислительной платформы для проекта NICA с привлечением вычислительных центров коллаборации NICA.
3. Создание грид-кластера Tier0 для экспериментов мегапроекта NICA для хранения экспериментальных и смоделированных данных. Расширение производительности и емкости систем хранения грид-кластеров Tier1 и Tier2 в качестве центров обработки данных для экспериментов мегапроекта NICA, нейтринной программы ОИЯИ и экспериментов на ЛНС.
4. Расширение облачной инфраструктуры ОИЯИ с целью увеличения предоставляемого пользователям спектра сервисов на основе технологий контейнеризации. Автоматизация развертывания облачных технологий в организациях стран-участниц ОИЯИ.
5. Расширение гетерогенной платформы HynbriLIT, включая суперкомпьютер «Говорун», как гиперконвергентной программно-определяемой среды с иерархической системой хранения и обработки данных.
6. Проектирование и разработка распределенной программно-конфигурируемой высокопроизводительной вычислительной платформы, объединяющей суперкомпьютерные (гетерогенные), грид- и облачные технологии для эффективного использования новых вычислительных архитектур.
7. Разработка системы защиты компьютерной инфраструктуры на основе принципиально новых парадигм, включая квантовую криптографию, нейрокогнитивные принципы организации данных и взаимодействия объектов данных, глобальную интеграцию информационных систем, универсальный доступ к приложениям, новые интернет-

протоколы, виртуализацию, социальные сети, данные мобильных устройств и геолокации.

Угрозы:

- Непредсказуемость доступности и цен передового оборудования ведущих производителей вычислительных архитектур, низколатентного сетевого оборудования и высокопроизводительных элементов хранения данных.
- Стремительные темпы морального устаревания компьютерного и сетевого оборудования.
- Вирусные и хакерские атаки снаружи и внутри из-за невнимательности пользователей.
- Износ и моральное устаревание инженерного оборудования, модернизация которого затягивается из-за чрезмерной бюрократизации процедуры принятия решений.

2.4. Участвующие лаборатории ОИЯИ

ЛФВЭ (Герценбергер К.В., Минаев Ю.И., Мошкин А.Н., Рогачевский О.В., Слепов И.П.)

ЛНФ (Сухомлинов Г.А.)

ЛРБ (Чаусов В.Н.)

ЛЯР (Багинян А.С., Поляков А.Г., Сорокоумов В.В.)

ЛЯП (Жемчугов А.С., Иванов Ю.П., Капитонов В.А.)

ЛТФ (Сазонов А.А.)

УНЦ (Семенюшкин И.Н.)

2.5. Участвующие страны, научные и научно-образовательные организации

Организация	Страна	Город	Участники	Тип соглашения
АДА	Азербайджан	Баку	Адамов А.	Совместные работы
ИФ НАНА	Азербайджан	Баку	Мамедов Н.Т. + 5 чел.	Совместные работы
ИПИА НАН РА	Армения	Ереван	Саакян В.Г.	Соглашение
БГТУ	Беларусь	Минск	Коротаяев А.В.	Совместные работы
НИИ ЯП БГУ	Беларусь	Минск	Масолов В.А. + 4 чел.	Совместные работы
ОИПИ НАНБ	Беларусь	Минск	Гузиков А.В. + 2 чел.	Совместные работы
ОИЭЯИ-Сосны НАНБ	Беларусь	Минск	Бабичев Л.Ф. + 4 чел.	Совместные работы
INRNE BAS	Болгария	София	Георгиев С.Л. + 3 чел.	Совместные работы
SU	Болгария	София	Димитров В.	Совместные работы
GRENA	Грузия	Тбилиси	Кватадзе Р.	Совместные работы
GTU	Грузия	Тбилиси	Прангишвили А.	Совместные работы
TSU	Грузия	Тбилиси	Модебадзе З.	Совместные работы
TSU	Грузия	Тбилиси	Элизбарашвили А.	Совместные работы
SU	Египет	Гиза	Суэйлам Н.	Совместные работы
SU	Египет	Гиза	Эльлити А.	Совместные работы
ASRT	Египет	Каир	Аллам А.	Совместные работы
ASRT	Египет	Каир	АлСадек М.	Совместные работы
INFN	Италия	Болонья	Марон Г.	Совместные работы
INFN	Италия	Болонья	Сапуненко В.	Совместные работы

ИЯФ	Казахстан	Алма-Ата	Буртебаев Н.Т.	Совместные работы
ИЯФ	Казахстан	Алма-Ата	Сахиев С.К.	Совместные работы
АФ РГП ИЯФ	Казахстан	Нур-Султан	Здоровец М.В.	Совместные работы
ИНЕР CAS	Китай	Пекин	Ли В.Д.	Совместные работы
RENAM	Молдова	Кишинев	Богатенков П.П.	Совместные работы
ИМИ	Молдова	Кишинев	Кожокару С.	Совместные работы
МолдГУ	Молдова	Кишинев	Базнат М.	Совместные работы
IMDT MAS	Монголия	Улан-Батор	Ууганбаатар Д.	Совместные работы
СОГУ	Россия	Владикавказ	Кулаев Р.Ч.	Соглашение
СОГУ	Россия	Владикавказ	Огоев А.У.	Соглашение
СОГУ	Россия	Владикавказ	Тваури И.В.	Соглашение
ИАПУ ДВО РАН	Россия	Владивосток	Ромашко Р.В.	Соглашение
ИАПУ ДВО РАН	Россия	Владивосток	Грибова В.В.	Соглашение
НИЦ КИ ПИЯФ	Россия	Гатчина	Кирьянов А.К.	Совместные работы
Гос. ун-т "Дубна"	Россия	Дубна	Крюков Ю.А. + 5 чел.	Совместные работы
Гос. ун-т "Дубна"	Россия	Дубна	Черемисина Е.Н.	Совместные работы
ОЭЗ "Дубна"	Россия	Дубна	Рац А.А.	Совместные работы
ЦКС "Дубна"	Россия	Дубна	Елеферов С.В.	Совместные работы
ЦКС "Дубна"	Россия	Дубна	Куликов А.А.	Совместные работы
ЦКС "Дубна"	Россия	Дубна	Окулов Ю.Н.	Совместные работы
ГПКС	Россия	Москва	Буйдинов Е.В.	Совместные работы
ГПКС	Россия	Москва	Прохоров Ю.В.	Совместные работы
ИПМ РАН	Россия	Москва	Афендииков А.Л.	Совместные работы
ИПМ РАН	Россия	Москва	Четверушкин Б.Н.	Совместные работы
ИППИ РАН	Россия	Москва	Афанасьев А.П. + 2 чел.	Совместные работы
ИППИ РАН	Россия	Москва	Волошинов В.В.	Совместные работы
ИППИ РАН	Россия	Москва	Посыпкин М.А.	Совместные работы
ИСП РАН	Россия	Москва	Аветисян А.И.	Совместные работы
ИТЭФ	Россия	Москва	Гаврилов В.Б.	Совместные работы
ИТЭФ	Россия	Москва	Королько И.Е.	Совместные работы
МГУ	Россия	Москва	Соколов И.А.	Совместные работы
МГУ	Россия	Москва	Ризниченко Г.Ю.	Совместные работы
МГУ	Россия	Москва	Смелянский Р.Л.	Совместные работы
МГУ	Россия	Москва	Сухомлин В.А.	Совместные работы
МСК-IX	Россия	Москва	Воронина Е.П. + 3 чел.	Совместные работы
НИВЦ МГУ	Россия	Москва	Воеводин В.В. + 4 чел.	Совместные работы
НИИЯФ МГУ	Россия	Москва	Боос Э.	Совместные работы
НИИЯФ МГУ	Россия	Москва	Крюков А.П.	Совместные работы
НИИЯФ МГУ	Россия	Москва	Саврин В.И.	Совместные работы
НИУ "МЭИ"	Россия	Москва	Топорков В.В.	Совместные работы
НИЦ КИ	Россия	Москва	Велихов В.Е.	Совместные работы
НИЦ КИ	Россия	Москва	Ильин В.А.	Совместные работы
НИЦ КИ	Россия	Москва	Рябинкин Е.А.	Совместные работы
РЭУ	Россия	Москва	Валентей С.Д.	Совместные работы
ФИЦ ИУ РАН	Россия	Москва	Соколов И.А.	Совместные работы
ИЯИ РАН	Россия	Троицк	Каравичев О.В.	Совместные работы
ИЯИ РАН	Россия	Троицк	Степанова Л.И.	Совместные работы
ИВМиМГ СО РАН	Россия	Новосибирск	Черных И.Г.	Совместные работы
ИЯФ СО РАН	Россия	Новосибирск	Анисенков А.В.	Совместные работы

ИЯФ СО РАН	Россия	Новосибирск	Левичев П.В.	Совместные работы
ИЯФ СО РАН	Россия	Новосибирск	Скринский А.Н.	Совместные работы
ИЯФ СО РАН	Россия	Новосибирск	Тихонов Ю.А.	Совместные работы
ЦКП "СКИФ"	Россия	Новосибирск	Зубавичус Я.В.	Совместные работы
ЦКП "СКИФ"	Россия	Новосибирск	Левичев Е.Б.	Совместные работы
ЦКП "СКИФ"	Россия	Новосибирск	Потеряев В.С.	Совместные работы
ИПС РАН	Россия	Переславль-Залесский	Абрамов С.М.	Совместные работы
ИФВЭ	Россия	Протвино	Гусев В.В.	Совместные работы
ИФВЭ	Россия	Протвино	Котляр В.В.	Совместные работы
ИФВЭ	Россия	Протвино	Минаенко А.А.	Совместные работы
ИМПБ РАН	Россия	Пушино	Лахно В.Д. + 2 чел.	Совместные работы
ИМПБ РАН	Россия	Пушино	Устинин М.Н.	Совместные работы
НИИФ СПбГУ	Россия	С.-Петербург	Зароченцев А.К.	Совместные работы
НИИФ СПбГУ	Россия	С.-Петербург	Феофилов Г.А.	Совместные работы
НИИФ СПбГУ	Россия	С.-Петербург	Шабаев В.К.	Совместные работы
СПбГПУ	Россия	С.-Петербург	Болдырев Ю.Я. + 2 чел.	Совместные работы
СПбГУ	Россия	С.-Петербург	Богданов А.В. + 2 чел.	Совместные работы
СПбГУ	Россия	С.-Петербург	Дегтярев А.Б.	Совместные работы
Ун-т ИТМО	Россия	С.-Петербург	Бухановский А.В.	Совместные работы
СУ	Россия	Самара	Сойфер В.А.	Совместные работы
ИТФ РАН	Россия	Черноголовка	Щур Л.Н.	Совместные работы
СКЦ ИПХФ РАН	Россия	Черноголовка	Волохов В.М. + 2 чел.	Совместные работы
Ун-т	Сербия	Белград	Деспотович С.	Совместные работы
Ун-т	Сербия	Белград	Хаджийойич М.	Совместные работы
Ун-т	Сербия	Белград	Чосич М.	Совместные работы
Ун-т	Сербия	Белград	Эрич К.	Совместные работы
IER SAS	Словакия	Кошице	Копчански П.	Совместные работы
BNL	США	Аптон	Климентов А.	Совместные работы
BNL	США	Аптон	Паниткин С.	Совместные работы
UTA	США	Арлингтон	Де К.	Совместные работы
Fermilab	США	Батавия	Розен Р.	Совместные работы
Fermilab	США	Батавия	Хольцман Б.	Совместные работы
ASGCCA	Тайвань	Гайбэй	Лин С.	Совместные работы
СРРМ	Франция	Марсель	Царегородцев А.	Совместные работы
ЦЕРН	ЦЕРН	Женева	Андреева Ю.	Совместные работы
ЦЕРН	ЦЕРН	Женева	Компана С. + 5 чел.	Совместные работы
УСТ	ЮАР	Кейптаун	Беккер Б.	Совместные работы

2.6. Организации-соисполнители (те сотрудничающие организации/партнеры без финансового, инфраструктурного участия которых выполнение программы исследований по теме невозможно).

3. Кадровое обеспечение

3.1. Кадровые потребности в течение первого года реализации КИП МИВК, включая активности

№.№ п/п	Категория работника	Основной персонал, сумма FTE	Ассоциированный персонал, сумма FTE
------------	------------------------	---------------------------------	---

1.	научные работники	15.3	3
2.	инженеры	69.45	4
3.	специалисты	0	0
4.	рабочие	14	0
5.	руководители	10.3	0
	Итого:	109.05	7

3.2. Доступные кадровые ресурсы

3.2.1. Основной персонал ОИЯИ (общее количество участников, включая активности)

№№ п/п	Категория работников	Подразде ление	Должность	Сумма FTE
1.	научные работники	ЛИТ	стажер-исследователь мнс нс снс внс гнс дир. лаб., науч. рук, зам.дир., уч. сек., нач. отд., нач.сект.,	3,1 1,5 2,7 3,2 0 0 4,6
2.	инженеры	ЛИТ	лаборант ведущий инженер ведущий программист ведущий электроник инженер инженер-программист инженер-программист 1к. инженер-программист 2к инженер-электроник инженер-электроник 1к инженер-электроник 2к инженер-электроник 3к старший техник техник	2,25 0,5 14 1 12 10,7 8 10 4 1 1 2 2 1
3.	специалисты	0	0	0
4.	рабочие	ЛИТ		14
5.	руководители	ЛИТ		10,5
	Итого:			109,05

Только МИВК

№№ п/п	Категория работников	ФИО	Подразделение	Должность
1.	Научные работники	Бежанян Т. Ж.	НТО ВКиРИС	научный сотрудник
2.	Научные работники	Бутенко Ю. А.	НТО ВКиРИС	младший научный сотрудник
3.	Научные работники	Войтишин Н. Н.	НТО ВКиРИС	научный сотрудник
4.	Научные работники	Дереновская О.Ю.	Руководство	Ученый секретарь
5.	Научные работники	Зуев М.И.	НТО ВКиРИС	научный сотрудник
6.	Научные работники	Ильина А.В.	НТО ВКиРИС	стажер-исследователь
7.	Научные работники	Кореньков В. В.	Руководство	научный руководитель лаборатории
8.	Научные работники	Кутровский Н. А.	НТО ВКиРИС	старший научный сотрудник
9.	Научные работники	Мажитова Е.	НТО ВКиРИС	младший научный сотрудник
10.	Научные работники	Мицын В.В.	НТО ВКиРИС	старший научный сотрудник
11.	Научные работники	Пелеванюк И. С.	НТО ВКиРИС	научный сотрудник
12.	Научные работники	Подгайный Д. В.	НТО ВКиРИС	начальник сектора
13.	Научные работники	Пряхина Д.И.	НТО ВКиРИС	научный сотрудник
14.	Научные работники	Стрельцова О. И.	НТО ВКиРИС	старший научный сотрудник
15.	Научные работники	Стриж Т. А.	Руководство	заместитель директора лаборатории по научной работе
16.	Научные работники	Соколов И.А.	НТО ВКиРИС	Стажер-исследователь
17.	Научные работники	Фарисеев В. Я.	ИТО	начальник сектора
18.	Научные работники	Шматов С.В.	Руководство	директор лаборатории
19.	Инженеры	Ангелов К. Н.	ИТО	ведущий программист
20.	Инженеры	Аникина А.И.	НТО ВКиРИС	инженер программист
21.	Инженеры	Антонова О. А.	ИТО	старший техник
22.	Инженеры	Баландин А.И.	ИТО	инженер-программист 1 кат.
23.	Инженеры	Балашов Н.А.	НТО ВКиРИС	инженер-программист 1 кат.
24.	Инженеры	Баранов А. В.	НТО ВКиРИС	инженер-программист 1 кат.
25.	Инженеры	Беляков Д.В.	НТО ВКиРИС	ведущий программист
26.	Инженеры	Бондяков А.С.	НТО ВКиРИС	инженер-программист 2 кат.
27.	Инженеры	Голунов А.О.	НТО ВКиРИС	инженер-программист 2 кат.
28.	Инженеры	Городничева Л. И.	ИТО	инженер-программист

29.	Инженеры	Графов Е. А.	ИТО	инженер-электроник 3 кат.
30.	Инженеры	Графова Е. Н.	ИТО	инженер-электроник 2 кат.
31.	Инженеры	Громова Н. И.	НТО ВКиРИС	ведущий программист
32.	Инженеры	Гущин А.Э.	ИТО	ведущий программист
33.	Инженеры	Евланов А. В.	ИТО	инженер
34.	Инженеры	Жабкова С. Е.	ИТО	инженер
35.	Инженеры	Закомолдин А. Ю.	ИТО	инженер-программист 1 категории
36.	Инженеры	Калагин И. И.	ИТО	инженер-электроник
37.	Инженеры	Каменский А. С.	ИТО	инженер-электроник
38.	Инженеры	Кашунин И.А.	НТО ВКиРИС	инженер-программист 2 категории
39.	Инженеры	Киракосян М. Х.	НТО ВКиРИС	инженер-программист
40.	Инженеры	Кокорев А. А.	НТО ВКиРИС	инженер-программист
41.	Инженеры	Кондратьев А.О.	НТО ВКиРИС	инженер-программист 2 категории
42.	Инженеры	Коробова Г.А.	ИТО	ведущий программист
43.	Инженеры	Кретьова С.А.	НТО ВКиРИС	инженер-программист
44.	Инженеры	Кудасова И.В.	ИТО	инженер
45.	Инженеры	Кудряшова О. Н.	ИТО	инженер
46.	Инженеры	Кульпин Е.Ю.	ИТО	инженер-программист 1 категории
47.	Инженеры	Лаврентьев А.А.	ИТО	ведущий программист
48.	Инженеры	Ленский И.И.	НТО ВКиРИС	инженер-программист
49.	Инженеры	Любимова М. А.	НТО ВКиРИС	инженер-программист
50.	Инженеры	Максимов М.А.	ИТО	инженер
51.	Инженеры	Марков В.Н.	ИТО	инженер
52.	Инженеры	Марченко С. В.	ИТО	инженер
53.	Инженеры	Матвеев М. А.	НТО ВКиРИС	инженер-программист 2 категории
54.	Инженеры	Махалкин А. Н.	НТО ВКиРИС	инженер-программист
55.	Инженеры	Медянцева А.А.	ИТО	инженер
56.	Инженеры	Мищенко Н.Н.	ИТО	инженер
57.	Инженеры	Некрасова И.К.	НТО ВКиРИС	инженер-программист
58.	Инженеры	Нечаевский А.В.	НТО ВКиРИС	ведущий программист
59.	Инженеры	Олейник Д. А.	НТО ВКиРИС	ведущий программист
60.	Инженеры	Паржицкий С. С.	ИТО	инженер-программист
61.	Инженеры	Петросян А. Ш.	НТО ВКиРИС	ведущий программист
62.	Инженеры	Полежаев Д.С.	ИТО	инженер-электроник

63.	Инженеры	Попов Л.А.	ИТО	ведущий инженер
64.	Инженеры	Рожкова Т.В.	ИТО	инженер-программист
65.	Инженеры	Розенберг Я.И.	ИТО	ведущий электроник
66.	Инженеры	Семенов Р.Н.	НТО ВКиРИС	ведущий программист
67.	Инженеры	Смольникова А. С.	ИТО	техник
68.	Инженеры	Соловьева Е. В.	ИТО	инженер
69.	Инженеры	Сорокин И.Г.	ИТО	инженер
70.	Инженеры	Стамат И.Н.	ИТО	инженер
71.	Инженеры	Тонеева Е.В.	ИТО	старший техник
72.	Инженеры	Торосян Ш.Г.	НТО ВКиРИС	инженер-программист
73.	Инженеры	Трофимов В. В.	НТО ВКиРИС	ведущий программист
74.	Инженеры	Трубчанинов Н. В.	ИТО	инженер-электроник 3 категории
75.	Инженеры	Цамцуров Е.О.	НТО ВКиРИС	лаборант
76.	Инженеры	Чащин С.В.	ИТО	инженер-электроник
77.	Инженеры	Чурин А.И.	ИТО	инженер-программист 1 категории
78.	Инженеры	Шейко В. П.	ИТО	инженер-электроник 1 категории
79.	Инженеры	Шпотя Д.А.	НТО ВКиРИС	лаборант
80.	Рабочие	Ведров С. И.	ИТО	электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования
81.	Рабочие	Дергунов В. П.	ИТО	электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования
82.	Рабочие	Ключев А.Е.	ИТО	слесарь аварийно-восстановительных работ
83.	Рабочие	Комков А.В.	ИТО	электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования
84.	Рабочие	Кулаков В. И.	ИТО	слесарь-ремонтник
85.	Рабочие	Левитин А. М.	ИТО	слесарь аварийно-восстановительных работ
86.	Рабочие	Легашёв Ю.М.	ИТО	слесарь аварийно-восстановительных работ
87.	Рабочие	Митюхин А. Н.	ИТО	слесарь аварийно-восстановительных работ
88.	Рабочие	Некрасов В. Н.	ИТО	монтажник санитарно-технических систем и оборудования
89.	Рабочие	Рогозин Д. В.	ИТО	электрогазосварщик
90.	Рабочие	Степанов Б. Б.	ИТО	слесарь аварийно-восстановительных работ
91.	Рабочие	Усачев В.Ю.	ИТО	монтажник санитарно-технических систем и оборудования

92.	Рабочие	Фетисов М. Ю.	ИТО	электрослесарь по ремонту оборудования распредел. устройств
93.	Рабочие	Швалев А. М.	ИТО	монтажник санитарно-технических систем и оборудования
94.	Руководители	Воронцов А.С.	ИТО	начальник группы
95.	Руководители	Гаврилов С.В.	ИТО	начальник группы
96.	Руководители	Гавриш А.П.	ИТО	начальник группы
97.	Руководители	Голоскокова Т. М.	НТО ВКиРИС	заместитель начальника отдела
98.	Руководители	Долбилов А.Г.	Руководство	главный инженер лаборатории
99.	Руководители	Карпенко Н.Н.	Руководство	заместитель главного инженера лаборатории
100.	Руководители	Овечкин В. В.	ИТО	начальник группы
101.	Руководители	Шишмаков М. Л.	ИТО	заместитель начальника отдела

3.2.2. Ассоциированный персонал ОИЯИ

№№ п/п	Категория работников	Организация-партнер	Сумма FTE
1.	научные работники		
2.	инженеры		
	Итого:		

4. Финансовое обеспечение

4.1. Полная сметная стоимость темы /КИП

№№ п/п	Наименование работ	Стоимость	Расходы в год (тыс. долл. США)						
			2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.	Международное сотрудничество (МНТС)	1120,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0
2.	Материалы	1750,0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0
3.	Оборудование и услуги сторонних организаций	42683,0	5607,0	5675,0	5908,5	5575,0	6547,5	6185,0	7185,0
4.	Пуско-наладочные работы	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5.	Услуги научно-исследовательских организаций	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6.	Приобретение программного обеспечения	875,0	110,0	115,0	120,0	125,0	130,0	135,0	140,0
7.	Проектирование/строительство	5568,1	646,6	760,1	658,6	1169,9	379,8	929,1	1024,0
8.	Сервисные расходы (планируются в случае прямой принадлежности к проекту)	1132,1	150,0	153,7	157,6	161,5	165,6	169,7	174,0
ВСЕГО:		53128,2	6923,6	7113,8	7254,7	7441,4	7632,9	7828,8	8933,0

4.2. Внебюджетные источники финансирования

В рамках темы предполагается финансирование со стороны соисполнителей/заказчиков в следующем объеме (указать суммарно по проектам).

СОГЛАСОВАНО:

Главный ученый секретарь Института

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Руководитель ДБиЭП

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Руководитель ДНОД

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Руководитель ДКиД

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Директор лаборатории

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Ученый секретарь лаборатории

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Экономист лаборатории

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Руководитель КИП

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Руководитель КИП

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Зам. Руководителя КИП

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Зам. Руководителя КИП

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.

Зам. Руководителя КИП

_____/_____
“ ____ “ _____ 202_г.