Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Научно-исследовательский вычислительный центр

ПРОЕКТ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ

до 2030 года

Москва, 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ....3

1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НИВЦ....4

1.1. Обеспечение Суперкомпьютерной миссии Московского университета....4

1.2. Координация программы «Цифровой университет». Информационные системы управления МГУ....9

1.3. Фундаментальные и прикладные научные исследования....14

2. ИНТЕГРАЦИЯ С УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ МГУ....17

3. КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА И РАБОТА С МОЛОДЕЖЬЮ....20

4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ НИВЦ....21

5. ИНФРАСТРУКТУРНОЕ РАЗВИТИЕ НИВЦ....22

6. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ И ПАРТНЕРСТВО....23

7. ФОРМИРОВАНИЕ ОБРАЗА НИВЦ КАК ЛИДЕРА В ОБЛАСТИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ....24

Введение

Программа развития Научно-исследовательского вычислительного центра Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова до 2030 года с промежуточным итогом в 2025 году (далее — «Программа развития НИВЦ МГУ») является составным элементом образовательной, научной и инновационной стратегии Московского университета. Программа развития НИВЦ МГУ продолжает направления и традиции, заложенные Программой развития Московского университета до 2020 г., с учетом реалий и приоритетных задач, стоящих перед МГУ и обществом в целом в настоящее время, способствуя выполнению миссии Московского университета в современных условиях, помогая формировать ответы на вызовы, стоящие перед нашей страной.

Программа разработана в соответствии с уставом МГУ, Положением НИВЦ МГУ, стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, с учетом положений национальных проектов «Наука» и «Образование», положений иных документов стратегического характера Российской Федерации и Московского университета.

Современный Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ – это крупный научный институт, входящий в структуру Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, обладающий мощным кадровым потенциалом, лидер российской суперкомпьютерной области, разработчик всех основных административных информационных систем Московского университета, обладающий научным заделом, экспертизой и компетенциями мирового уровня по ряду ключевых областей вычислительных наук.

Настоящий документ содержит основные стратегические направления и задачи развития НИВЦ МГУ с учетом имеющегося потенциала института, вызовов цифровой трансформации, необходимости подготовки кадров и формирования коллективов высшей квалификации для работы в условиях цифровой экономики, с учетом приоритетных задач, стоящих перед Московским университетом и страной на современном этапе развития.

1. Основные направления деятельности НИВЦ

Проанализировав тенденции развития науки, образования, экономики и общества в условиях цифровой трансформации, ключевые преимущества Московского университета и НИВЦ МГУ, в частности, опыт последних лет и вызовы, стоящие перед российской наукой и системой высшего образования страны, Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ рассматривает три направления деятельности как основу Программы развития института до 2030 г.:

I. Обеспечение *Суперкомпьютерной миссии Московского университета.*
II. Координация программы «Цифровой Университет». Информационные системы управления МГУ.
III. Фундаментальные и прикладные исследования в области высокопроизводительных вычислений, систем информатизации и математического моделирования в различных областях знаний

Указанные три направления составят основу деятельности НИВЦ на ближайшие годы. Развёрнутое изложение этих трёх блоков представлено ниже.

1.1. Обеспечение Суперкомпьютерной миссии Московского университета

Эффективное объединение современных ключевых сквозных цифровых технологий таких как математическое моделирование, высокопроизводительные вычисления, анализ данных, машинное обучение, искусственный интеллект, новые промышленные технологии и других вокруг суперкомпьютерных технологий, а также исключительно успешный опыт работы Московского университета в этой области за последние годы, создает все предпосылки для включения направления «Суперкомпьютерная миссия Московского университета» в Программу развития НИВЦ МГУ до 2030 г. Вычислительный центр, как подразделение, обеспечивающее эффективное функционирование суперкомпьютерных систем МГУ, а также как институт, обладающий компетенциями и солидным заделом в ряде вычислительно ёмких научных направлений, может выступить координатором Суперкомпьютерной миссии.

В чём заключается Суперкомпьютерная миссия МГУ?

Суперкомпьютерная миссия Московского университета заключается в эффективном обеспечении научных, образовательных и технологических коллективов МГУ и России передовыми высокопроизводительными компьютерными средствами нового поколения для проведения научных исследований мирового уровня, разработки инновационных технологий и подготовки кадров высшей квалификации с целью обеспечения достойной позиции России в мировом процессе цифровой трансформации науки, техники, экономики и реализации устойчивого развития нашего общества.

Имеющийся задел и роль Московского университета

Уверенное развитие последних лет позволило Московскому университету создать мощный задел, признаваемый как в стране, так и в мире, по целому ряду направлений высокопроизводительных вычислений, в частности:

- разработке и реализации методов решения большого числа научных и промышленных задач с использованием суперкомпьютерных систем;

- эффективной разработке и технической поддержке малых, больших и сверхбольших высокопроизводительных вычислительных систем, начиная от компьютерных систем лаборатории, до суперкомпьютеров высшего диапазона производительности федерального уровня;
- создании и внедрении программно-аппаратных средств тонкого мониторинга, обеспечения эффективной работы как отдельных суперкомпьютеров высшего уровня производительности, так и мощных суперкомпьютерных центров в целом;
- развитии собственных и адаптации существующих суперкомпьютерных приложений в полном спектре областей фундаментальной и прикладной науки;
- формировании и координации деятельности суперкомпьютерного сообщества России (Суперкомпьютерный консорциум университетов России, рейтинг Top50);
- организации ключевых научных мероприятий национального и мирового масштаба по тематике высокопроизводительных вычислений и цифровых технологий (международная научная конференция «Суперкомпьютерные дни в России», научно-практический семинар “Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности”);
- организации и проведении целого комплекса образовательных мероприятий, охватывающих аудиторию от младших школьников до успешно работающих ученых (экскурсии и лекции для школьников в суперкомпьютерный комплекс МГУ, ежегодная Суперкомпьютерная академия МГУ, многие другие).

Знаковыми вехами развития суперкомпьютерной отрасли России стали установка и эксплуатация с 2008 года супервычислителей «Чебышев», «Ломоносов», «Ломоносов-2», предоставивших возможность производить расчёты российскому научному сообществу, на тот момент в большинстве своём не знакомому со стремительно развивающимся инструментарием суперкомпьютерных систем. За истекшее десятилетие, во многом благодаря действиям Московского университета, ситуация кардинально изменилась: число пользователей суперкомпьютерных систем увеличилось на порядки (число пользователей суперкомпьютерного комплекса МГУ за эти годы превысило 3000), значительно возросло число научных работ, публикуемых в высокорейтинговых журналах, и научных грантов, появление которых было бы немыслимо без суперкомпьютеров. Число российских университетов и институтов Российской академии наук, использующих возможности суперкомпьютерного комплекса МГУ, перевалило за 200, превратив Центр коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ в Суперкомпьютерный центр федерального уровня.

Выдающийся вклад Московского университета в развитии супервычислений в России стал возможным благодаря сочетанию высокого уровня компетенций сотрудников университета в области вычислительных наук и информационных технологий, с одной стороны, и передового уровня квалификации исследователей МГУ и РАН в широком спектре предметных областей естественных и гуманитарных наук, с другой, что позволило им быстро осваивать новые вычислительные технологии. Важнейшим благоприятным фактором, обеспечившим достижение столь высокого текущего уровня, послужила активная позиция и поддержка руководства Московского университета на всех этапах планирования, строительства и обеспечения функционирования суперкомпьютерного комплекса.

Московский университет активно участвует в развитии суперкомпьютерных технологий и на уровне страны в целом. В настоящее время в Минобрнауки России рассматривается “Концепция создания и обеспечения функционирования национальной суперкомпьютерной инфраструктуры”, разработанная НИВЦ МГУ и МСЦ РАН.

Внешние вызовы

Существует значительное число областей знания, развитие которых определяется мощностью доступных вычислительных ресурсов. В настоящее время это астрофизика,

теория турбулентности, квантовая химия, атомистическое моделирование в физике твёрдого тела, геномные исследования, нано- и биотехнологии, молекулярное моделирование и дизайн лекарств, прогноз погоды и климата, атомная и термоядерная энергетика, технологии добычи, разведки и транспортировки углеводородного сырья, анализ больших данных и искусственный интеллект, и многие другие. Более того, сегодня практически все области науки опираются на вычислительные технологии.

Поддержание научных исследований на мировом уровне требует регулярной модернизации действующих и замены устаревающих вычислительных систем, обновление и расширение программного обеспечения. В последние годы рост суперкомпьютерных ресурсов в России резко замедлился, что привело к её отставанию в обеспеченности высокопроизводительной вычислительной техникой от ведущих экономик мира. Самый мощный отечественный суперкомпьютер в академической сфере «Ломоносов-2» (МГУ, Москва) обладает быстродействием около 5 PFLOPS, занимая 130-ю строчку списка Top500 (500 наиболее мощных суперкомпьютеров мира) по состоянию на август 2020 года. Япония ввела в эксплуатацию суперкомпьютер Fugaku с производительностью 513 PFLOPS, заняв первое место в списке, в парке суперкомпьютеров США среди прочих есть системы на 200 и 125 PFLOPS, у Китая – на 125 и 100 PFLOPS. Ожидается, что в 2021 году появятся суперкомпьютерные системы экзафлопсного уровня производительности.

Что очень важно – востребованность суперкомпьютерных систем резко выросла не только и не столько в академическом секторе, не менее активный рост идёт в реальном секторе экономики, о чём ярко свидетельствует как появление на 7-й позиции списка Top500 суперкомпьютера итальянской коммерческой компании Eni (51 PFLOPS), так и суперкомпьютера Christofari в Сбербанке (35-е место списка) с пиковой производительностью 8.8 PFLOPS. В России есть значительный задел в области суперкомпьютерных технологий, и это является важным конкурентным преимуществом нашей страны. Недооценка же значения суперкомпьютерных технологий приводит к тому, что мы не только пропускаем мировой тренд, но и упускаем уникальный шанс использования огромного потенциала российской школы вычислительной математики и математического моделирования.

Помимо необходимости устойчивого роста супервычислительных ресурсов темпами не ниже среднемирового, важнейшей задачей является эффективное использование этих ресурсов. Эффективность включает, в первую очередь, техническую составляющую:

– непрерывный и тотальный мониторинг технического состояния суперкомпьютера, оперативное автоматизированное устранение неисправностей;

– обеспечение стабильной работы вычислительных узлов и файловой системы в целом, использование технологий искусственного интеллекта для прогнозирования качества работы компонент;

– мониторинг эффективности работы приложений пользователей и автоматическое формирование рекомендаций по кардинальному повышению производительности;

– техническая поддержка пользователей по широкому спектру возникающих проблемных ситуаций.

В реализации перечисленных выше компонент Московский университет стал лидером, накопив значительный опыт в ходе эксплуатации серии суперкомпьютерных комплексов при плотной работе с сообществом пользователей, состоящим из тысяч исследователей и сотен проектов. Дальнейшее развитие этих компонент в Московском университете должно привести к созданию полноценной экосистемы кодизайна суперкомпьютерных приложений, в которой тесное взаимодействие разработчиков и администраторов суперкомпьютера с конечным пользователем позволяет эффективно решать задачи принципиально нового уровня сложности и масштаба.

Эффективное использование суперкомпьютерных систем неразрывно связано с подготовкой специалистов в данной области. Весь спектр вопросов суперкомпьютерного образования, от подготовки высококвалифицированных специалистов в области системного программирования, до массовой подготовки прикладных специалистов в различных областях науки, должен рассматриваться в комплексе, охватывая все виды обучения и целевые группы.

В целом, весь предшествующий опыт даёт все основания для успешной подготовки и внедрения организационных и технологических решений по обеспечению эффективности использования суперкомпьютерных ресурсов МГУ, превосходящих мировой уровень, что станет образцом для всех других суперкомпьютерных центров России в решении приоритетных задач государства.

Задачи Суперкомпьютерной миссии МГУ

Первоочередные задачи, которые предстоит выполнить для достижения целей Суперкомпьютерной миссии МГУ, можно сформулировать следующим образом:

- создание междисциплинарной Школы Суперкомпьютерного Кодизайна (ШСК), базой которого будут служить вычислительные ресурсы Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ;
- обеспечение наиболее благоприятных условий работы и выделение на конкурсной основе суперкомпьютерных ресурсов исследовательским коллективам МГУ и России в целом, работающим на мировом уровне по приоритетам Стратегии научно-технологического развития России;
- обеспечение тесной интеграции ШСК с Московским центром фундаментальной и прикладной математики (математический центр мирового уровня), с Центром НТИ хранения и анализа больших данных МГУ, с Инновационным научно-технологическим Центром “Воробьевы горы”, с ведущими научными школами Московского университета;
- обеспечение научной, образовательной и технологической поддержки со стороны ШСК суперкомпьютерным площадкам и центрам, создаваемыми в Образовательном центре Сириус, Военно-инновационном технополисе ЭРА и другим аналогичным структурам федерального и регионального уровней;
- совершенствование системы непрерывного образования в области супервычислений с учетом приоритетов цифровой трансформации, координация и согласованное развитие средств вычислительной техники в подразделениях МГУ для поддержки учебного процесса в области суперкомпьютерных и параллельных вычислительных технологий;
- ориентация суперкомпьютерного комплекса МГУ на решение приоритетных национальных задач цифровой экономики, поддержка сквозных цифровых технологий, в том числе технологий искусственного интеллекта и больших данных;
- укрепление и повышение авторитета МГУ в области супервычислений, математического моделирования, цифровых технологий в стране и мире.

Развитие суперкомпьютерной инфраструктуры Московского университета потребует привлечения значительных средств, которые определяются как приоритетными направлениями суперкомпьютерной миссии МГУ, так и масштабом устанавливаемых суперкомпьютерных систем. Определение спецификации высокопроизводительных вычислительных систем должно осуществляться с использованием механизмов открытых конкурсов, гласного определения победителей на основе прозрачных критериев. В числе критериев: национальные приоритеты цифровой трансформации, предполагаемые к решению научные и образовательные задачи, обоснование потенциальной возможности их решения, возможность удаленного доступа, загрузка в интересах внешних организаций-пользователей, наличие средств обеспечения качества работы приложений,

уровень поддержки, наличие инженерного обеспечения, степень использования уже имеющейся инфраструктуры и т.п.

К 2025 году в связи с масштабностью предстоящих задач, предлагается рассмотреть возможность постепенного наращивания производительности суперкомпьютерного комплекса МГУ до 270 PFLOPS к 270-летнему юбилею Московского университета.

Следующее поколение суперкомпьютеров в значительной мере должно использовать отечественные разработки в области суперкомпьютерных технологий. Следует активно использовать возможности, открывающиеся при суперкомпьютерном кодизайне (совместном проектировании) перспективных аппаратных платформ и всего стека программного обеспечения в интересах решения конкретных задач. Создание междисциплинарных групп, лабораторий и центров, работающих на принципах суперкомпьютерного кодизайна в решении приоритетных задач, является исключительно эффективным и перспективным направлением развития работ.

Необходима разработка прозрачных процедур и критериев предоставления доступа к вычислительным ресурсам, оценки результатов пользователей в областях фундаментальных и прикладных исследований и образования. Критерии оценки работы пользователей должны быть согласованы с приоритетными направлениями Стратегии научно-технологического развития России, что будет способствовать достижению целевых показателей Программы развития МГУ, в частности – повышению позиции МГУ в международных рейтингах.

Основные этапы в развитии Суперкомпьютерного комплекса МГУ будут определяться структурой бюджета, один из вариантов показан ниже:

2020-2021 – проведение обследования существующей инженерной инфраструктуры суперкомпьютерного комплекса для определения основных направлений ее модернизации и развития;

2020-2021 – проектирование инженерной инфраструктуры комплекса, включающей подвод мощностей (до 12 МВт);

2020-2021 – разработка Дорожной карты перспективных направлений использования новых суперкомпьютерных мощностей МГУ, выделение приоритетных областей и задач, принципиально важных для науки и экономики страны, на решение которых должен быть ориентирован суперкомпьютерный комплекс;

2021-2022 – проектирование суперкомпьютерных систем комплекса нового поколения с пиковой производительностью до 270 PFLOPS;

2022-2025 – установка, наладка и запуск в эксплуатацию очередей суперкомпьютерных систем нового поколения;

2024-2030 – эксплуатация, сопровождение и развитие суперкомпьютерного комплекса МГУ.

Важнейшим элементом Дорожной карты должен стать комплексный план подготовки высококвалифицированных специалистов, разработчиков и пользователей суперкомпьютерных технологий, специалистов по цифровой экономике, разработка проектов системной подготовки таких специалистов с использованием всех форм обучения, в том числе на сетевой основе. Решение проблемы кадрового дефицита является одним из определяющих условий успешного функционирования Суперкомпьютерного комплекса МГУ и суперкомпьютерной отрасли России в целом, и Московский университет, являющийся лидером Суперкомпьютерного консорциума университетов России, совместно с ведущими университетами страны способен эффективно решить данную задачу.

Подобные масштабные научно-технологические и учебные задачи будут решаться в тесном контакте с множеством подразделений Московского университета, опирающимися в своей работе на возможности суперкомпьютерного комплекса.

Среди подразделений, являющихся активными пользователями суперкомпьютерного комплекса МГУ и рассматриваемых партнерами в реализации Суперкомпьютерной миссии МГУ, можно назвать: НИВЦ, химический факультет, физический факультет, факультет ВМК, мехмат, географический факультет, ГАИШ, биологический факультет, факультет биоинженерии и биоинформатики, НИИ ФХБ и другие.

Московский университет становится научно-образовательным пространством, в котором сочетание высококлассных специалистов из различных предметных областей, передовой вычислительной инфраструктуры и образовательного процесса с многолетними традициями качества создаёт предпосылки для успешного решения крупных современных вызовов в фундаментальных и прикладных науках, а также создания новых образовательных программ для воспроизводства кадров высокого уровня в областях математического моделирования, высокопроизводительных вычислений, искусственного интеллекта и их многочисленных приложений. Решение этих амбициозных задач планируется с применением единой концепции суперкомпьютерного кодизайна в рамках новой междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ «Суперкомпьютерные технологии в фундаментальных исследованиях, прикладных разработках и образовании» (см. раздел «Интеграция с учебным процессом МГУ»).

1.2. Координация программы «Цифровой университет». Информационные системы управления МГУ

Введение

В этом разделе будет изложена концепция цифрового университета применительно к условиям Московского университета. Создание такого решения, безусловно, требует привлечения сил не только НИВЦ, но и других подразделений МГУ, связанных с цифровизацией. При этом НИВЦ, как разработчик основных систем административного управления МГУ, готов взять на себя значительную часть работы по координации усилий в этом проекте.

В рамках концепции «цифрового университета» общепринятым является движение по следующим направлениям, определенными, в частности, конкурсными критериями Правительства РФ на создание «моделей цифрового университета»:

- цифровые образовательные технологии – улучшение образовательного процесса путем использования новых технологий;
- компетенции цифровой экономики – ускоренное развитие подготовки кадров в соответствии с новыми реалиями цифровой экономики (ЦЭ);
- системы управления на основе данных – решение задач в рамках выше указанных направлений невозможно без эффективной системы управления.

В некоторых случаях сюда же относят развитие индивидуальных образовательных траекторий, т.е. предоставление возможности адаптировать процесс обучения под быстро меняющиеся условия. Вместе с этим нужно признать, что развитие индивидуальных образовательных траекторий – это глубокий процесс, относящийся скорее к учебно-методической деятельности, и в плане использования цифровых технологий он вполне покрывается первыми тремя упомянутыми направлениями.

С другой стороны, масштабы Московского университета и сложность его физической инфраструктуры требуют выделения в качестве отдельного направления создание «умного кампуса» со всеми соответствующими изменениями инфраструктуры для удобства и безопасности (кампусная карта, СКУД, управление общежитиями, умные здания, аудитории, стадионы и парковки, умное освещение и транспортное обеспечение).

Кроме того, необходима организационная поддержка всех этих преобразований и наличие координирующего центра. Центром координации этих направлений, а в некоторых ситуациях – и управления - мог бы стать Ситуационный центр МГУ.

Итак, выделим пять основных направлений, актуальных для МГУ:

- цифровые образовательные технологии,
- компетенции цифровой экономики,
- управление на основе данных,
- смарт-кампус,
- ситуационный центр,

и два инфраструктурных направления:

- развитие материальной базы информационных технологий управления и обучения,
- повышение уровня безопасности информационных технологий.

Очевидно, что все направления тесно связаны между собой, и решение задач во всех направлениях должно происходить согласованно.

Существующий задел

Деятельность университета в условиях противодействия коронавирусной инфекции показала высокую степень готовности к организации цифрового взаимодействия преподавателей и студентов. Удалось обеспечить продолжение учебного процесса в дистанционном формате, проведение промежуточной и итоговой аттестации в полном объеме. Безусловно, лучшие практики, сложившиеся в этой непростой ситуации, останутся в учебной деятельности и в более спокойных условиях.

Однако сам процесс обозначил некоторые проблемные места и необходимые меры по закрытию этих проблем. Так, например, весьма популярный на многих факультетах сервис видеоконференций Zoom не работает в Крыму. При этом развернутый силами Центра развития электронных образовательных ресурсов (ЦРЭОР) на мощностях Центра обработки данных (ЦОД) МГУ сервис видеоконференций показал себя вполне достойно. Проект «Университет без границ» позволил предоставить доступ к учебным материалам в электронном формате студентам МГУ и других ВУЗов. При проведении итоговой аттестации на платформе ЦРЭОР МГУ использовалась авторизация по протоколу OAuth2 средствами Личного кабинета студента, разработанного в НИВЦ. Это значит, у МГУ должна быть возможность развертывать необходимое программное обеспечение на собственных ресурсах, и в будущем может потребоваться наращивание существующих компьютерных мощностей.

Касательно компетенций цифровой экономики, Московский университет является лидером по широте преподавания курсов по современным ИТ-технологиям. В том или ином виде (межфакультетских учебных дисциплин или курсов традиционных форматов) дисциплины преподаются на базе факультетов ВМК, механико-математического, физического, биологического, биоинженерии и биоинформатики, географического и ряда других. Выпускники МГУ уже сейчас трудоустраиваются во все ведущие отечественные и зарубежные IT-компании: Яндекс, Google, СберТех, Mail.ru, 1С, лаборатория Касперского, предприятия Ростеха, предприятия Росатома, Консультант-плюс, Гарант, а также большое число предприятий среднего и малого бизнеса.

Университет имеет почти пятидесятилетний опыт развития информационных систем управления ВУЗом. В настоящий момент НИВЦ МГУ разрабатывает и поддерживает свыше двадцати пяти систем управления, охватывающих учебный процесс, поддержку нового приема, управление кадрами и аспирантурой, обеспечение деятельности диссертационных советов, личные кабинеты студентов и преподавателей, формирование данных для государственных информационных систем.

Автоматизированные информационные системы (АИС) «Абитуриент», «Студент», «Учебный план», «Штатное расписание и кадры», «Педагогическая нагрузка» и многие

другие обеспечивают интеграцию факультетов и институтов МГУ в единое информационное пространство управленческой деятельности Московского университета и обеспечивают руководство университета надежной централизованной информационной базой для принятия решений. Свыше 1100 сотрудников административных подразделений МГУ работают с созданными НИВЦ информационными системами на постоянной основе, свыше 35 тысяч студентов и преподавателей имеют верифицированные аккаунты в системе Личных кабинетов. В НИВЦ создан и поддерживается мощный серверный комплекс информационных систем административного управления МГУ, имеющий в своем составе 28 блейд-серверов, 312 вычислительных ядер, свыше 3 Тб оперативной памяти и более 30 Тб пространства для хранения данных.

В сложных условиях пандемии в полном объеме смогли продолжить свою деятельность управленческие подразделения университета, использующие информационные системы управления МГУ, разработанные в НИВЦ. Вновь созданная Веб-система приема документов абитуриентов в электронном виде обеспечивает полностью дистанционный прием документов от абитуриентов и их передачу в АИС «Абитуриент».

Для современного этапа развития информационных систем МГУ характерны следующие признаки:

- завершение покрытия основных бизнес-процессов,
- расширение номенклатуры информационных систем,
- возникновение большого пласта веб-ориентированных систем,
- усиленные процессы интеграции информационных систем.

Углубленная интеграция происходит как между университетскими системами, так и с внешними информационными системами, включая государственные информационные системы зарубежных стран, в которых расположены филиалы МГУ (например, информационные системы Национального центра тестирования при Президенте Республики Таджикистан и Государственного экзаменационного центра Республики Азербайджан).

Актуальные задачи по направлениям и пути их решения

Цифровые образовательные технологии

Онлайн-поддержка образовательного процесса и внедрение в образовательный и исследовательский процесс современных технологий, поддерживающих и трансформирующих взаимодействие студента и преподавателя. Это направление должно включать не только развитие дистанционных форм обучения, но и в значительной степени цифровую поддержку традиционных форм проведения занятий.

На основании накопленных весной 2020 года данных необходимо провести анализ эффективности различных систем поддержки дистанционного обучения и, возможно, выработать методические рекомендации по использованию определенной линейки сервисов, обеспечив их лицензионное сопровождение и поддержку серверными мощностями.

Отдельное направление заключается в мониторинге и управлении публикацией учебных материалов сотрудниками подразделений, предоставлении методической поддержки, сервисов «конструктора учебных материалов», сервисов помощи изготовления технически сложных материалов, например, видеозаписи лекций.

Компетенции цифровой экономики

На начальных этапах необходим анализ направлений, где требуется расширение списка преподаваемых ИТ-дисциплин, куда, в частности, могут входить: Цифровая этика и конфиденциальность, Цифровые двойники, Квантовые вычисления, Технологии периферийных вычислений, Автономные компьютерные устройства и роботы,

Семантические сети и графы знаний, Речевые технологии, Биопроцессоры, Нейроморфные устройства и вычисления, и другие.

Кроме того, сохраняя перечисленную выше номенклатуру курсов, можно расширить их присутствие в учебных программах многих других факультетов. Большим шагом в расширении практической направленности преподавания стало бы расширение форм занятий на межфакультетских учебных курсах за счет добавления к лекциям семинаров и практических занятий. Учитывая число слушателей наиболее популярных МФК, имеющих формальное ограничение 300 слушателей, которое, тем не менее, часто превышается, такое расширение форм преподавания ИТ-дисциплин в рамках МФК может потребовать оборудования многочисленных и обладающих большой емкостью компьютерных классов. Вероятно, такие классы должны приобрести статус межфакультетского ресурса.

Группа физико-математических факультетов (мехмат, ВМК, физфак, ФКИ) традиционно дают как мощное математическое, так и вполне достойное компьютерное образование. Однако в новых условиях эти программы нуждаются в точечной расстановке акцентов с учетом дополнительной специфики факультетов, что существенно повысило бы конкурентоспособность выпускников на рынке труда.

Предмет отдельной заботы – постоянные программы повышения цифровых компетенций преподавателей и иных сотрудников Московского университета.

Системы управления на основе данных

На завершающих стадиях Программы развития МГУ 2010-2020 гг. ясно обозначились серьезные внешние вызовы, которые включают:

- ужесточение требований по защите персональных данных (Роскомнадзор, ФСТЭК, ФСБ);
- импортозамещение, т.е. постепенный переход на отечественные платформы разработки и/или на использование свободно распространяемого ПО;
- необходимость передачи данных в электронном виде в государственные и муниципальные информационные системы (ФИС ГИА и приема и ФИС ФРДО (обе - РосОбрНадзор), ИАС «Мониторинг приемной кампании» (МинОбрНауки), налоговые инспекции, ИС ФГУП «Московский социальный регистр»);
- требования лицензирующих организаций в области образования в Российской Федерации и странах, в которых размещены филиалы МГУ, в плане наличия определенных инфраструктурных систем у каждого ВУЗа.

Помимо внешних, нельзя не учитывать и целый ряд внутренних вызовов:

- потребность управленческих структур МГУ в горизонтальной интеграции данных;
- потребности сотрудников и студентов в электронном взаимодействии со структурами управления;
- потребности студентов и преподавателей в средствах электронного взаимодействия в ходе учебного процесса;
- разная степень обладания компетенциями цифровой экономики среди преподавателей и сотрудников.

Таким образом, конкретизация для условий Московского университета понятия «Управление на основе данных» включает в себя:

- завершение создания цифрового ядра университета – кольца информационных систем управления деятельностью университета, обеспечивающего безопасность, актуальность и доступность данных;
- создание информационно-аналитической надстройки над действующими системами, создание аналитических отделов в управленческих подразделениях;

- развитие информационных систем (как существующих, так и планируемых), обеспечивающих автоматизированный сбор, мониторинг и анализ данных в целях принятия решений и управления основными видами деятельности университета: системы управления финансово-хозяйственной деятельностью, учебным процессом, новым приемом, документооборот, управление персоналом, учет педагогической нагрузки и научной деятельности, системы поддержки физической безопасности, управления ИТ-инфраструктурой);
- платформы интеграции информационных систем, что подразумевает развитие средств интеграции информации из разных информационных систем – продолжение унификации решений по интеграции университетских систем между собой, создание унифицированных протоколов, шин и шлюзов для интеграции с внешними и внутренними системами;
- инструменты и практики принятия решений на основе обратной связи от процессов и инструментов анализа данных.

Должен произойти разворот в сторону оказания услуг и интеллектуального использования массивов информации, накопленных в учетных системах, в интересах обучающихся и сотрудников. Примерами могут служить: расширение системы Личных кабинетов преподавателей до системы Личных кабинетов всех сотрудников с возможностью получения расчетных листков по зарплате и заказа справок; интеграция Личных кабинетов студентов и преподавателей с Личными кабинетами библиотеки МГУ; единая система "Расписание" с индивидуальным расписанием преподавателей и студентов. Создание единой точки авторизации для входа в университетские информационные сервисы.

Необходим перевод системы расчета зарплаты на единую современную платформу и создание модуля управления финансово-хозяйственной деятельностью.

Смарт-кампус

У Московского университета уже есть опыт внедрения кампусной карты на трех факультетах, занимающих отдельно стоящие здания. Этот опыт показал, что полноценное решение этой задачи возможно только при одновременном охвате проектом всех подразделений МГУ, расположенных в Москве.

Проект должен включать в себя единую кампусную карту, СКУД, управление общежитиями, умные здания, аудитории, стадионы и парковки, умное освещение и транспортное обеспечение. Важным элементом такой системы необходимо станет разрабатываемая НИВЦ АИС «Управление аудиторным фондом МГУ», обеспечивающая учет всех регулярных мероприятий на основе учебных и рабочих планов, учет разовых мероприятий (конференции, совещания и др.) и особенности загрузки аудиторного фонда в периоды сессий и вступительных экзаменов.

Ситуационный центр

Принципиально новой ступенью интеграции могло бы стать создание Ситуационного центра МГУ, позволяющего свести в одном помещении точки входа во все информационные системы управления МГУ и обеспечивающего тонкую информационно-аналитическую надстройку над действующими системами. В зависимости от результатов анализа и полноты управленческого функционала, можно рассмотреть оборудование Центра и средствами видео-конференцсвязи.

На главном экране Ситуационного центра можно отображать информацию от высокого уровня иерархии, касающуюся управления учебным процессом и научной деятельностью, а также данные мониторинга физической безопасности, финансовой деятельности, кадровой ситуации, мониторинга прессы и социальных сетей, до деталей, касающихся отдельных персоналий.

Развитие материальной базы информационных технологий управления и обучения

Необходимо развитие серверных мощностей, на которых базируются критически важные информационные системы, как единого комплекса Московского университета, в частности, интеграция и взаимное резервирование ЦОД МГУ и серверного комплекса информационных систем административного управления НИВЦ МГУ. В этом же направлении лежат работы по созданию технических возможностей для горячего резервирования критических систем на уровне образов виртуальных машин, а также регламентированное резервирование данных из этих систем на площадках, расположенных в разных зданиях МГУ.

Повышение уровня безопасности информационных технологий

Крайне важное направление – это создание контура безопасности критических информационных систем в сотрудничестве с отечественными производителями средств компьютерной безопасности, государственными системами обнаружения и предотвращения компьютерных атак (системы обнаружения и отражения компьютерных атак, хостовые агенты в критических точках, регламенты реагирования на инциденты компьютерной безопасности). НИВЦ имеет хороший задел в этом направлении как в плане непосредственного опыта внедрения и поддержки средств защиты информации, так и в плане налаживания сотрудничества с отечественными производителями таких систем.

Организационная поддержка и координация работ по созданию Цифрового университета

Следует наделить недавно созданный Совет по информационным системам МГУ полномочиями по координации деятельности в области цифровой трансформации университета. При Совете должна быть создана рабочая группа по управлению проектом Цифрового университета.

1.3. Фундаментальные и прикладные научные исследования

Развитие науки в российских вузах является одним из государственных приоритетов. Научные исследования в НИВЦ реализуются по следующим утверждённым Учёным советом приоритетным направлениям:

1) Фундаментальные проблемы высокопроизводительных вычислений и обработки данных
2) Фундаментальные проблемы построения систем информатизации, методология, технология и безопасность крупных информационных систем
3) Математическое моделирование, методы вычислительной и прикладной математики и их применение к фундаментальным исследованиям в различных областях знаний и в нанотехнологиях
4) Современные компьютерные технологии в обучении

Направления 1 и 2 подробно освещены выше в Разделах II и III. В рамках направления 3, в НИВЦ накоплен серьёзный научный задел и кадровый потенциал для решения фундаментальных и прикладных задач по следующим направлениям: линейная алгебра и численный анализ, методы численного решения краевых задач математической физики, суперкомпьютерные вычисления в физике элементарных частиц, молекулярное моделирование и дизайн лекарств, высокоэффективные алгоритмы проектирования оптических нанопокрытий, методы решения обратных задач оптики и акустики, суперкомпьютерное моделирование природно-климатических процессов, разработка ультразвуковых томографических методов диагностики в медицине и неразрушающем контроле анализ информационных ресурсов и компьютерная лингвистика.

Финансовая стабильность основных направлений

Модель финансирования фундаментальных и прикладных исследований института будет использовать принципы диверсификации заказчиков работ и тематической координации НИР и НИОКР с целью поступательного продвижения в решении крупных долгосрочных приоритетных научных задач и избегания обособления узких финансируемых небольшими проектами направлений.

Основные источники финансирования:

- государственный заказ на фундаментальные исследования по утвержденным темам НИР,
- министерства, государственные фонды поддержки фундаментальных исследований (в частности, РНФ, РФФИ, Минобрнауки РФ), включая выделение доли финансирования из бюджетов проектов, использующих ресурсы суперкомпьютерного комплекса МГУ
- государственные корпорации, организации и предприятия,
- крупные ИТ-компаниями,
- промышленные и коммерческие предприятия.

Участие в крупных проектах по направлениям

При планировании исследовательских работ приоритет будет отдаваться крупным междисциплинарным проектам суперкомпьютерной и IT-направленности, в частности:

- *Национальная суперкомпьютерная инфраструктура (работа совместно с Министерством науки и образования РФ, РАН),
- Национальный центр мирового уровня «Московский центр фундаментальной и прикладной математики» (совместно с механико-математическим факультетом, факультетом ВМК, Институтом вычислительной математики им. Г.И.Марчука РАН, Институтом прикладной математики им М.В.Келдыша РАН),
- Центр хранения и анализа больших данных Московского университета,
- Суперкомпьютерный консорциум университетов России,
- Международная суперкомпьютерная академия,
- *Национальный консорциум моделирования Земной системы,
- *Междисциплинарные научно-образовательные школы Московского университета.

(знаком «» помечены крупные проекты, находящиеся в разработке)*

Авторитетные научно-образовательные мероприятия НИВЦ

При ключевой роли НИВЦ МГУ, в Москве проводятся регулярные научные и научно-образовательные мероприятия по основным направлениям деятельности института. Среди них – семинары, имеющие общеуниверситетское, общемосковское и общероссийское значение, с участием приглашённых докладчиков из других городов и стран:

- *Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности*. Руководитель - академик В.А. Садовничий, профессор А.В. Тихонравов, чл.-корр. РАН Вл.В. Воеводин.
- *Суперкомпьютерное моделирование климатической системы.* Руководитель - академик В.А. Садовничий. Соруководители - д.т.н. Р.М. Вильфанд, чл.-корр. РАН С.А. Добролюбов, чл.-корр. РАН В.Н. Лыкосов, д.ф.-м.н. В.М.Степаненко.
- *Информационные комплексы управления ВУЗом*. Руководители - чл.-корр. РАН Вл.В. Воеводин, к.ф.-м.н. О.Д. Авраамова.
- *Обратные задачи математической физики*. Руководители - д.ф.-м.н., профессор А.В. Тихонравов, д.ф.-м.н., профессор А.Г.Ягола, д.ф.-м.н., профессор А.Б.Бакушинский.

Планируется развитие семинарской работы по следующим направлениям:

- Продвижение материалов работы семинаров (видео заседания, презентация, тезисы) в сети Интернет;
- Интеграция научно-образовательных семинаров в учебный план новых междисциплинарных магистерских программ;
- Реализация гибридных форматов проведения семинаров, при которых участие в семинаре для слушателей и докладчиков возможно как в очном, так и удалённом режиме;
- Привлечение к участию в семинарах международной аудитории.

НИВЦ МГУ обладает богатым опытом проведения ключевых для России ежегодных мероприятий по суперкомпьютерной тематике мирового уровня:

- «Суперкомпьютерные дни в России» (https://russianscdays.org)
- «Международная суперкомпьютерная академия» (https://academy.hpc-russia.ru)

Развитие, расширение функциональности и охвата целевой аудитории этих уникальных для России площадок обмена научными результатами, компетенциями и знаниями в области суперкомпьютерной вычислений будет, безусловно, продолжено.

Научный журнал «Вычислительные методы и программирование» (https://num-meth.ru) издаётся в НИВЦ МГУ с 2000 г. Журнал включен в библиографическую базу данных RSCI Web of Science, в состав ядра РИНЦ и в Общероссийский математический портал Math-Net.Ru. Преимущества журнала:

- высокая скорость публикации статей при качественном отборе материалов.
- наличие собственного веб-ресурса для размещения журнала (num-meth.ru) является фактором независимости редакции от сторонних площадок публикаций.

Основная задача по развитию журнала до 2030 г. заключается в совершенствовании качества публикуемых материалов и расширении видимости статей в международном научном сообществе, при сохранении текущей оперативности публикации. В рамках этой задачи планируются следующие шаги:

- включение журнала в международные системы индексирования Scopus и WoS,
- обеспечение перевода на английский язык всех русскоязычных статей,
- публикация тематических выпусков журнала,
- привлечение обзорных статей по крупным направлениям.

2. Интеграция с учебным процессом МГУ

Для Научно-исследовательского вычислительного центра МГУ интеграция с учебным процессом Московского университета является приоритетной задачей, которая важна для всех направлений работы института. Это та область деятельности, где гармонично соединяются научные исследования мирового уровня и лучшие педагогические практики, реализуя эффективный механизм интеграции науки и образования. Данное направление принципиально важно, поскольку является прямым вкладом в поддержку выполнения основной задачи Московского университета - подготовку высококвалифицированных специалистов. Но направление приобретает особую значимость в силу предметной специфики НИВЦ, позволяющей выполнять подготовку специалистов для цифровой экономики, что является приоритетом на современном этапе и на многие годы вперед. Это направление крайне важно и для самого вычислительного центра, поскольку является одним из важных механизмов обеспечения преемственности в формировании и развитии его собственного кадрового потенциала.

Сотрудники НИВЦ в разных формах уже сейчас активно участвуют в учебном процессе Московского университета на факультете ВМК, физическом, географическом, филологическом и других. Подобная вовлеченность значительного научного потенциала НИВЦ в формирование будущей профессиональной элиты страны должна и будет расширяться по всем упомянутым ранее основным направлениям работы института. По этим направлениям уже есть значительный задел, и по всем направлениям необходимо продвигаться параллельно, а ниже наметим основные черты запланированной учебной работы, лежащей на стыке суперкомпьютерных технологий и научных исследований.

Московский университет за последние годы создал значительный задел по организации учебного процесса в области супервычислений, а НИВЦ по сути явился инициатором и координатором создания основ системы суперкомпьютерного образования в России, что проходило в тесном партнерстве с ВМК, физическим, химическим, географическим и другими факультетами университета. В 2009 году был создан Суперкомпьютерный консорциум университетов России, объединивший более 60 ведущих университетов России. Консорциум стал исключительно эффективным механизмом для распространения лучших педагогических практик и учебно-методических материалов среди российских университетов. В настоящее время в Консорциум входит 63 организации, и до сих пор он продолжает расширяться: с начала 2020 года подали заявки на вхождение в Консорциум Северо-Кавказский Федеральный университет, Сколковский институт науки и технологий, Высшая школа экономики, компания Huawei. В 2010-2012 годах Московский университет был определен головной организацией, а в рамках университета головным подразделением стал НИВЦ, в выполнении национального проекта «Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения», в выполнение которого было вовлечено более 600 специалистов из 63 университетов.

Работа по формированию новых учебных программ будет проходить на основе принципов суперкомпьютерного кодизайна, формируя междисциплинарную Школу суперкомпьютерного кодизайна. Это характерный мировой тренд области, который позволяет с первых лет обучения делать акцент на выборе эффективных подходов решения задач каждой прикладной области с использование соответствующего математического аппарата, технологий параллельного программирования и средств высокопроизводительной вычислительной техники. Предметные области разные, методы и инструментарий различные, но цель одна – использование суперкомпьютерных технологий для высокоэффективного решения задач каждой конкретной предметной

области. Эти идеи уже были апробированы в течение 5 лет в рамках Суперкомпьютерной Академии МГУ, где полностью показали свою состоятельность и эффективность. Ключевой партнер в данной области – это факультет ВМК.

При разработке спектра образовательных программ данной области ставится задача создания полной и непрерывной системы воспроизводства высококвалифицированных специалистов мирового уровня в области суперкомпьютерного кодизайна. Это предполагает работу со всеми категориями учащихся от старшеклассников до аспирантов и далее с учетом всех форм обучения. Где-то предполагается дополнение курсов основами параллельных вычислений, где-то введение вычислительного практикума, а в каких-то случаях потребуется введение новых программ дополнительного обучения. *Говоря по сути – это подготовка кадров для вычислительной науки и цифровой экономики.*

В работе по формированию учебных программ Школы суперкомпьютерного кодизайна принципиально важны три момента: (1) непрерывность и преемственность в учебной работе от школьников до специалистов, (2) междисциплинарность, которая в данной школе играет принципиально важную роль и (3) и глубокая интеграция учебного процесса с участием в выполнении реальных научных и прикладных проектов. В результате – *гибкие образовательные траектории и дополнительная квалификация для студентов, получаемые с помощью факультативных модулей различных факультетов.* Особый акцент сделан на вариативности образования, особенно в магистерских программах, что предполагает адаптацию практической части суперкомпьютерного образования на разных факультетах к индивидуальной траектории профессионального обучения будущего специалиста в каждой предметной области.

В совместном развитии междисциплинарных учебных программ в данной области высказали заинтересованность многие факультеты Московского университета, что позволяет наметить следующие возможные направления развития.

Новые межфакультетские магистерские программы:

- «Пространственная динамика и самоорганизация в биологии» (физический, биологический, медицинский факультеты, НИВЦ);
- «Компьютерное моделирование динамики биополимеров» (физический, биологический факультеты, НИВЦ);
- «Механизмы регуляции физиологических процессов» (физический, биологический факультеты, НИВЦ);
- «Вычислительно-информационные технологии моделирования Земной системы» (физический, географический факультеты, факультет ВМК, НИВЦ).

Новые межфакультетские курсы:

- Межфакультетский магистерский курс «Молекулярное моделирование в науках о живом» (химический, биологический, физический факультеты, НИВЦ, НИИФХБ им. А.Н.Белозерского);
- Межфакультетский курс «Высокопроизводительные суперкомпьютерные вычисления в биоинформатике и биоинженерии: методы и примеры использования» (биологический, химический, физический факультеты, НИВЦ);
- Межфакультетский курс лекций и практических занятий для магистров «Многомасштабное моделирование: принципы и практическая реализация сопряжения моделей для разных временных и пространственных масштабов» (биологический, химический, физический факультеты);
- Магистерский курс «Квантово-механическое/молекулярно-механическое описание элементарных стадий сложных химических и фотохимических реакций» (физический, химический факультеты).

Новые междисциплинарные курсы на отдельных факультетах:

- «Использование высокопроизводительных суперкомпьютерных вычислений в биоинформатике и биоинженерии» (факультеты биоинженерии и биоинформатики);
- «Молекулярная механика и молекулярная динамика белков» (химический факультет).

Для обеспечения непрерывности создаваемой системы образования предусмотрен и набор мероприятий на уровне общеобразовательных школ, помогающих начать специализацию, находить талантливых школьников и привлекать их к обучению в Московском университете на ранних этапах, в частности:

- *специализированные учебно-методические семинары для учителей школ;*
- *экскурсии и лекции для школьников и студентов в суперкомпьютерном комплексе Московского университета. В настоящее время каждый год на экскурсии в НИВЦ приходит 500-600 школьников, и эту работу необходимо расширять и далее.*

Следует отметить, что данная работа в силу естественной междисциплинарности должна делаться и делается в тесном контакте со многими факультетами университета, полностью подтверждая нацеленность НИВЦ на расширение партнерства. В настоящее время значительный вклад в интеграцию идей суперкомпьютерного кодизайна в учебный процесс университета вносят кафедры, научные группы и специалисты НИВЦ, факультета ВМК, химического, физического, географического факультетов, факультета биоинженерии и биоинформатики, механико-математического факультета и других подразделений. Курсы по данной тематике читаются в Университете МГУ-ППИ в Шеньчжене (КНР) и филиалах МГУ.

3. Кадровая политика и работа с молодежью

Кадровая политика НИВЦ определяется тремя взаимосвязанными принципами:

- формирование коллектива из высококвалифицированных специалистов, выполняющих научные исследования и прикладные разработки на мировом уровне,
- обеспечение кадровой преемственности в работе подразделений НИВЦ,
- обеспечение согласованности и четкой работы всех этапов ключевых технологических процессов, характерных для функционирования института.

Данные принципы органично связаны с другими разделами Программы развития НИВЦ. Успешное продвижение по всем трем основным направлениям деятельности института возможно только с опорой на высококвалифицированных специалистов и профессионалов высшего уровня. Это касается и укрепления кадрового состава существующих лабораторий, это относится и к формированию новых групп, способных эффективно отвечать на вызовы цифровой трансформации науки, общества, государства. С этой точки зрения крайне важна интеграция лабораторий НИВЦ с учебным процессом, ведущимся на факультетах Московского университета. Привнесение опыта передовых исследований и разработок сотрудников НИВЦ в учебный процесс позволит поднять качество подготовки специалистов, а непосредственный контакт со студентами и аспирантами привлечёт к работе лабораторий молодых специалистов, что обеспечит кадровую преемственность в работе подразделений НИВЦ. И, наконец, обеспечение ключевых технологических процессов (бизнес-процессов) института ответственными специалистами высокой квалификации неразрывно связано с совершенствованием структуры управления НИВЦ – это та основа, которая помогает институту эффективно выполнять свои базовые функции.

Важное место в кадровой политике должна занимать работа с молодежью. Подобная деятельность многогранна и предполагает движение по целому множеству направлений. Это и работа сотрудников НИВЦ по привлечению учащихся Московского университета к исследованиям и разработкам, что может делаться в разных формах, и что способствует росту кадрового потенциала НИВЦ. Это и активная позиция Совета молодых ученых НИВЦ, помогающая и профессиональному росту молодых сотрудников, и их вовлечению в решение приоритетных задач института, помогающая привлечь мощный потенциал современных цифровых технологий к организации работы НИВЦ. Это работа со школами и школьниками, позволяющая в опережающем режиме привлечь внимание будущих специалистов к наиболее интересным и перспективным задачам, исследованиям, к текущим вызовам, трендам и точкам роста. И, в конечном итоге - это разработка целостной системы мероприятий, делающей работу в НИВЦ привлекательной как для уже сложившихся профессионалов, так и для молодежи при выборе их индивидуальных траекторий профессионального роста.

4. Совершенствование структуры управления НИВЦ

Структура управления институтом должна совершенствоваться, что диктуется вызовами времени и стимулируется новыми возможностями, которые даёт цифровая трансформация. Время с начала 2020 года прошло под определяющим влиянием пандемии коронавируса, из-за чего все службы и подразделения НИВЦ были вынуждены перейти на дистанционную форму работы. Это сразу выявило слабые звенья в системе управления институтом, но это одновременно показало и огромный потенциал цифровых технологий, которые могут и должны активно внедряться в повседневную практику работы администрации, помогая эффективному взаимодействию и организации работы подразделений НИВЦ. Прошедшие месяцы работы в дистанционном режиме показали имеющиеся резервы для оптимизации структуры управления НИВЦ, возможности для объединения одних служб и реорганизации других. Новая структура управления должна учитывать возможности гармоничного сочетания очных и дистанционных форм работы сотрудников и функционирования подразделений института, способствуя постепенному переходу на внедрение и активное использование цифровых технологий.

В ближайшей перспективе для повышения эффективности функционирования НИВЦ должна быть разработана концепция цифрового института (цифровой НИВЦ) с переводом и отражением основных бизнес-процессов в понятие *цифрового двойника института*, помогающего оперативно принимать решения, оптимально выстраивать и оптимизировать технологические цепочки. Вместе с этим, при всем богатстве возможностей, которые дает цифровая трансформация, центральное место в любой схеме цифрового института должно отводиться человеку – сотруднику института для формирования условий эффективного и комфортного проведения научных исследований и выполнения прикладных разработок, для обеспечения выполнения перспективных задач и текущих планов Научно-исследовательского вычислительного центра.

5. Инфраструктурное развитие НИВЦ

Активное использование в работе НИВЦ средств, методов, а в конечном итоге и преимуществ цифровой трансформации, с необходимостью предполагает модернизацию и развитие инженерной и программно-аппаратной инфраструктуры института. Анализ и обновление должны пройти инженерные системы НИВЦ, с особым акцентом на системы энергообеспечения и формирование выделенного контура, защищенного системами бесперебойного энергоснабжения. Формирование набора программно-аппаратных сервисов, предоставляющих сотрудникам НИВЦ возможность для эффективной организации своей работы: единая беспроводная сеть института, файловые и облачные сервисы, объединяющие собственные технологические площадки института и общедоступные сервисы. Оснащение конференц-залов современными системами видеоконференцсвязи. Отработка и реализация централизованных методик обеспечения необходимого уровня информационной безопасности, а также формирование выделенного контура для защиты чувствительной информации, специализированных сервисов и систем НИВЦ.

Необходим анализ структуры и возможности долгосрочного использования программно-аппаратных средств, установленных для поддержки работы комплекса информационных систем Московского университета, разработанных в НИВЦ и функционирующих на ресурсах института. Среди вопросов, требующих внимания: разработка и внедрение систем зеркалирования критически важных систем, процессов и массивов данных, обеспечение автоматического и автоматизированного резервного копирования с использованием различных площадок, повышение сетевой связности систем и информационных ресурсов НИВЦ.

Предметом особого внимания должна стать разработка системы мероприятий для обеспечения круглосуточного функционирования выделенного набора оборудования и сервисов. Здесь важен и регламент административного обслуживания, и разграничение зон ответственности, и разработка комплексной системы мониторинга инженерной, программно-аппаратной инфраструктуры, информационных систем и сервисов института с возможностью автоматического восстановления работоспособности и оперативного оповещения.

Развитие инфраструктуры НИВЦ должно проходить согласованно с учетом развития инфраструктуры и возможностей ключевых подразделений Московского университета, вовлеченных в поддержку и развитие программно-аппаратных платформ различного назначения: ДИЭ МГУ, ЦОД МГУ, сетевых служб МГУ, факультета ВМК, центра хранения и анализа больших данных и других.

6. Междисциплинарность и партнерство

Работая многие годы в тесном партнерстве со многими организациями России и мира, НИВЦ рассматривает кооперацию и взаимодействие с другими коллективами как один из приоритетов по всем направлениям своей деятельности. Это тем более верно, поскольку рассматривая технологии математического моделирования, искусственного интеллекта, суперкомпьютерные технологии и современные цифровые технологии в целом, мы с необходимостью сталкиваемся с междисциплинарностью в исследованиях и разработках, что сразу приводит сотрудничеству и партнерству с другими коллективами, имеющаяся экспертиза которых дополняет компетенции сотрудников НИВЦ.

Примеров успешного сотрудничества НИВЦ как в рамках Московского университета, так и с внешними организациями уже очень много: Суперкомпьютерный консорциум университетов России, работа в рамках Математического центра мирового уровня (Московский центр фундаментальной и прикладной математики), сотрудничество со многими организациями России вокруг использования суперкомпьютеров Ломоносов и Ломоносов-2, участие в работе международных проектов International Exascale Software Project и Big Data and Extreme Computing, активное участие в работе международных форумов International Supercomputing Conference (Germany) и Supercomputing (USA), руководство рабочей группой по ICT&HPC в рамках BRICS и многие другие.

Эту деятельность по интеграции в мировое сообщество необходимо развивать и усиливать. Это критически важно для всех направлений деятельности НИВЦ, причем сотрудничество должно развиваться как внутри Московского университета на уровне факультетов и институтов, так и на уровне России и мира, устанавливая контакты и усиливая связи с ведущими группами и организациями. При этом, если ранее в приоритетах были контакты с университетами и научными институтами, то теперь не менее значимы тесные деловые связи с промышленными предприятиями, бизнес-структурами, ИТ-компаниями. Именно эти связи помогут изменить существующее соотношение в структуре финансирования НИВЦ в сторону внебюджетного сегмента, что повысит устойчивость института и изменит нацеленность, а значит и востребованность, проводимых в НИВЦ исследований и разработок.

Исключительно важное направление развития внутреннего партнерства в рамках Московского университета – это разработка междисциплинарных образовательных программ по современным цифровым технологиям с различной предметной направленностью совместно с факультетами МГУ, возможные примеры подобных программ приведены в разделе 2 данной Программы. Работа в этом направлении уже идет, но должна быть активизирована: потенциал этого направления велик, и для развития института важен.

7. Формирование образа НИВЦ как лидера в области цифровых технологий

Многообразие и информационная насыщенность современного мира требуют в обязательном порядке обратить специальное внимание на работу по формированию правильного образа НИВЦ. Эта работа исключительно многогранна, поскольку необходимо принимать в расчет целое множество самых разных измерений. Это и создание комфортных условий работы для сотрудников НИВЦ, и как следствие формирование позитивного внутреннего образа, так и работа на внешнюю аудиторию с целью формирования привлекательного образа НИВЦ в обществе. Это традиционная работа, которая должна быть нацелена как на взаимодействие с научно-образовательным сообществом, так и формирование образа НИВЦ как лидера в области цифровых технологий у госструктур, органов власти, госкорпораций, предприятий реального сектора экономики. Подобная работа должна проводиться как с ориентацией на Россию, так и на ключевые научные группы, организации и компании в мире. Отчасти такая задача решена в области суперкомпьютерных технологий, где НИВЦ является признанным авторитетом в России и в мире, но теперь задача более широкая и амбициозная, охватывающая все основные направления деятельности института. Спектр целевых мероприятий широк, и он должен составить основу стратегии формирования позитивного образа НИВЦ, что в совокупности с планом ее реализации позволит в перспективе решить поставленную задачу.