

Департамент Прикладной математики
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Концепция магистерской программы
«Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии»
направления подготовки 01.04.04 «Прикладная математика» (магистратура)

1. Общая характеристика

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» имеет Лицензию Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки на право ведения образовательной деятельности рег. № _____ от 05 сентября 2012 года.

Настоящая программа разработана в соответствии с «Положением о магистерской подготовке (магистратуре) в системе многоуровневого высшего образования Российской Федерации», и Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.04.04 Прикладная математика (уровень магистратура).

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования нового поколения по направлению **01.04.04 «Прикладная математика» (магистратура)**, вошедшего в укрупненную группу 01.04 «Математика и механика», разрабатывался при непосредственном участии специалистов департамента Прикладной математики МИЭМ НИУ ВШЭ, а также специалистов научных учреждений РАН (ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, ВЦ им. А.А. Дородницына РАН, Научного центра РАН в Черногловке).

Концепция магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» определяет:

- актуальность создания магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» и ее цели;
- требования к уровню подготовки (профессиональные компетенции) студентов, успешно освоивших магистерскую программу «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии»;
- структуру магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии», находящую отражение в базовом учебном плане магистерской программы (Приложение 1);
- условия реализации магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии»;
- концепцию Научно-исследовательского семинара магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии»;
- условия зачисления на магистерскую программу «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» и ее целевую аудиторию,
- содержание учебных курсов магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии», отраженное в соответствующих аннотациях (Приложение 2).

Магистерская программа «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» предполагает обучение по очной форме.

Преподавание ведется на русском языке с использованием английского, как международного языка науки и техники.

В основу формирования учебных образовательных программ по направлению «Прикладная математика» легли пожелания работодателей, представляющих научно-исследовательские учреждения (ВЦ РАН, НЦЧ РАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, ВМ РАН, ИПМ РАН и др.), ИТ-подразделения госкорпораций и крупных ИТ-компаний (Т-платформы, Крок, Крафтвей и др.), а также потенциальные потребности разработчиков программного обеспечения для высокопроизводительных вычислительных комплексов и систем обработки больших объемов информации.

2. Актуальность создания магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии», цели программы

Цель обучения по магистерской программе состоит в подготовке специалистов, обладающих необходимыми компетенциями в области разработки, исследования и применения современных методов и алгоритмов суперкомпьютерного моделирования в науке и инженерии. Основными задачами программы являются:

- 1) Формирование знаний и умений, требуемых для профессиональной деятельности в области суперкомпьютерного моделирования в естественных и инженерных науках, включая извлечение нового знания из данных большого объема.
- 2) Формирование навыков разработки и применения студентом средств и методов решения задач в выбранной предметной области.
- 3) Формирование компетенций, в математической и естественно-научных областях.

Актуальность программы. Первые пятьдесят лет развития вычислительной техники были основаны на повышении тактовой частоты процессорных элементов. Для использования вычислительной техники, построенной на такой элементной базе, были разработаны адекватные программные средства и алгоритмы, обеспечивающие успешное выполнение как научных исследований, так и научно-технических разработок, а также программных систем, используемых в естественно-научных и инженерных областях. Эти системы основаны на последовательном выполнении программного кода. В настоящее время устойчивое развитие вычислительной техники обеспечивается за счет глубокой параллелизации вычислений. Это требует разработки новых методов и алгоритмов для выполнения программного кода многими процессорными элементами одновременно. Такой подход лежит в основе построения архитектуры современных суперкомпьютеров.

В последние годы наметилась тенденция формирования новой парадигмы научного развития — извлечения нового знания из данных большого объема, формируемых путем математического моделирования. Эта тенденция порождает новый вызов — необходимость подготовки специалистов для междисциплинарной области естественных наук, инженерных и компьютерных технологий. Интеграция в одной магистерской программе такого подхода с методами извлечения нового знания из данных большого объема актуальна, на что указывает международный опыт.

Один из самых значимых проектов Евросоюза, это магистерская программа Computer Simulations for Science and Engineering, осуществляемая кооперацией четырех технических университетов - КТН (Стокгольм, Швеция), Технический университет Берлина (Германия), Технический университет Эрлангена (Германия) и технический университет Дельфта (Нидерланды). Программа включает обучение в области математического моделирования, численного анализа, информатики, высокопроизводительных вычислений, машинного обучения и визуализации данных. Это программа по обучению в области «третьего столпа»

науки, дополнительного к теории и эксперименту. Заметим, что предлагаемая программа в большой степени коррелирует и конкурирует с ней, как по названию, так и по содержанию.

3. Требования к уровню подготовки (профессиональным компетенциям) студентов, успешно освоивших магистерскую программу «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии»

Область профессиональной деятельности выпускников данной программы включает исследование, разработку и применение математических методов, алгоритмов и программного обеспечения, предназначенных для решения задач в области анализа физических процессов и явлений, осуществления инженерных расчетов, а также извлечение новых знаний с помощью суперкомпьютерных технологий.

Объектами профессиональной деятельности выпускников магистерской программы являются:

- математические методы и алгоритмы для суперкомпьютерного моделирования;
- программное обеспечение для проведения суперкомпьютерного моделирования;
- методы и алгоритмы хранения, обработки, анализа и визуализации данных большого объема, извлекаемых при исследовании физических процессов и явлений;
- технологии обеспечения эффективных высокопроизводительных вычислений;
- методы решения инженерных задач при проектировании сложных технических систем.

Выпускники магистерской программы будут подготовлены к следующим **видам деятельности**:

- проектная;
- научно-исследовательская;
- научно-педагогическая;
- организационно-управленческая.

Выпускники, освоившие программу магистратуры, могут осуществлять профессиональную деятельность в следующих профессиональных областях, соответствующих профессиональным стандартам:

Образование и наука (в сфере научных исследований),

Информационные и коммуникационные технологии (в сфере проектирования и разработки программного обеспечения; проектирования, создания и поддержки информационно-коммуникационных систем и баз данных, создания информационных ресурсов);

Ракетно-космическая промышленность (в сфере проектирования, создания и поддержки систем автоматического управления и информационно-коммуникационных систем, а также математического моделирования);

Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок).

Планируемые результаты обучения

Выпускник магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» по направлению **01.04.04 «Прикладная математика»** должен обладать следующими **общекультурными компетенциями**:

- способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности;

- способность к самостоятельному обучению новым метода исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности;
- способность проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности;
- способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, не связанных непосредственно со сферой деятельности.

Выпускник магистратуры должен обладать следующими **профессиональными компетенциями:**

проектная деятельность:

- способность производить суперкомпьютерное моделирование для решения профессиональных задач;
- способность производить и обосновывать выбор структуры, архитектуры программных комплексов и систем обработки и визуализации данных;
- способность разрабатывать методы, алгоритмы и программные средства моделирования систем и процессов;
- способность анализировать работу и архитектуру программных комплексов и адаптировать их для масштабирования на современные высокопроизводительные системы.

научно-исследовательская деятельность:

- способность анализировать фундаментальные и прикладные проблемы предметной области;
- способность разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и научно-технических разработок, подготавливать отдельные задания для исполнителей;
- способность проводить научные исследования по выбранной теме;
- способность оформлять научно-технические отчеты, обзоры, готовить по результатам научно-исследовательской деятельности доклады и публикации.

научно-педагогическая деятельность:

- способность выполнять педагогическую работу в высших учебных заведениях в должности преподавателя и ассистента под руководством ведущего преподавателя и профессора (доцента);
- способность разрабатывать методические материалы для использования студентами в учебном процессе.

организационно-управленческая деятельность:

- способность организовать работу коллектива исполнителей, способность к принятию управленческих решений;
- способность к организации работ по разработке, созданию, наладке и сдаче в эксплуатацию систем обработки, анализа и визуализации данных, программных комплексов моделирования систем, информационных и информационно-аналитических комплексов;
- способность разрабатывать проекты методических и нормативных документов;
- способность планировать и организовывать работы по тестированию, отладке, доработке, модернизации и технической поддержке программных комплексов.

4. Характеристика сегмента рынка образовательных услуг, основные конкуренты, сравнительные преимущества

В ходе анализа российского рынка образовательных услуг были выделены программы по направлениям подготовки магистров 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» и 01.04.04 «Прикладная математика», реализуемые в различных российских ВУЗах и наиболее близких к рассматриваемой программе.

На факультете ВМК МГУ реализуются магистерские программы «Суперкомпьютерные системы и приложения» и «Технологии параллельного программирования и высокопроизводительные вычисления». Обучение здесь направлено на подготовку специалистов в области системного и параллельного программирования с углубленными знаниями и практическими навыками суперкомпьютерных технологий, высокопроизводительных вычислений. В ИТМО реализуются две программы: «Суперкомпьютерные технологии в междисциплинарных исследованиях» и «Суперкомпьютерные технологии в исследованиях процессов в большом городе». Программы ИТМО носят практико-ориентированный характер и фокусируют внимание слушателей на применение суперкомпьютерных технологий в различных инженерных областях, городском хозяйстве.

Во многих инженерных ВУЗах: МАИ, МЭИ, МАДИ, МИЭТ, С-Пб Политех, Московский технологический университет и др. реализуются программы, посвященные вопросам математического моделирования в различных инженерных областях. При этом изучению суперкомпьютерных технологий посвящены только отдельные дисциплины, носящие обзорный характер.

Таким образом, основными конкурентами предлагаемой магистерской программы являются программы ВМК МГУ и ИТМО.

Среди зарубежных программ-конкурентов следует отметить упомянутую выше программу 4-х ведущих европейских университетов.

Основными конкурентными преимуществами предлагаемой программы являются:

- тесная интеграция с академической наукой;
- формирование индивидуальных траекторий обучения за счет программ академической мобильности, включая ведущие зарубежные университеты и научные центры;
- участие студентов в работе международных конференций, включая проводимые в МИЭМ на регулярной основе конференции: Computer Simulations in Physics and beyond (CSP) и Supercomputer Simulations in Science and Engineering (SSSE) с приглашением ведущих зарубежных специалистов из Европы и Северной Америки.

5. Особенности содержания и структуры магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии»

Теоретическая база магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» представлена циклом общих дисциплин направления и циклом дисциплин, формирующих компетенции, которыми должен обладать специалист в области разработки, исследования и применения современных методов суперкомпьютерного моделирования и обработки данных большого объема в науке и инженерии.

При этом реализация магистерской программы осуществляется как в МИЭМ НИУ ВШЭ, так и на площадках ВЦ РАН, НЦЧ РАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН и ИВМ РАН, обеспечивая современный уровень подготовки магистров. В процессе обучения формируются

индивидуальные траектории развития профессиональных компетенций у студентов за счет предлагаемых элективных курсов, охватывающих широкий спектр методов решения естественно-научных и инженерных задач. Базовый учебный план программы состоит из нескольких блоков дисциплин, обеспечивающих методологическую поддержку последовательного приобретения учащимися необходимых знаний и навыков (см. Приложение 1). Это блоки адаптационных дисциплин, общенаучных дисциплин, цикл профессиональных дисциплин программы, а также научно-исследовательские семинары и практики.

Дисциплины адаптационного блока позволяют устранить разницу в уровне подготовки учащихся (предполагается, что программа может привлечь слушателей, получивших степень бакалавра и/или специалиста не только по направлениям подготовки, связанным с прикладной математикой). Такие дисциплины, как «Избранные разделы математики», «Избранные разделы физики» призваны заполнить возможные пробелы в знаниях учащихся и способствовать их дальнейшему успешному обучению.

Цикл общенаучных дисциплин обеспечивает фундаментальную подготовку в области математики и естественных наук.

Научно-исследовательские компетенции последовательно и непрерывно формируются на протяжении двух лет обучения за счет участия студентов в научно-исследовательском семинаре, при прохождении практик и стажировок в академических институтах (ВЦ РАН, НЦЧ РАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, ВМ РАН, ИПМ РАН и др.). Формирование индивидуальной образовательной траектории предусматривает проведение самостоятельных исследований, представление полученных результатов в формате междисциплинарной курсовой работы, выступлений с докладами на семинарах и конференциях.

Магистерская программа предусматривает научно-исследовательскую практику full time работы магистрантов в проектных и научных учреждениях, мастер-классы и лекции ведущих зарубежных специалистов, прохождения стажировок в суперкомпьютерных центрах России (НИВЦ МГУ, ННГУ, ИПМ РАН, Курчатовский институт и др.) и зарубежья (Юлих-Германия, Мюнхен-Германия, Старквилл-США и др.).

Дополнительное образование студенты получают в рамках еженедельного научного семинара «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии», проводимого в МИЭМ НИУ ВШЭ. В его работе принимают участие ведущие специалисты в области суперкомпьютерного моделирования и высокопроизводительных вычислительных систем и хранения данных из учреждений РАН (ВЦ РАН, НЦЧ РАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, ВМ РАН, ИПМ РАН и др.), высших учебных заведений (НИВЦ МГУ, ННГУ, МФТИ, ЯрГУ и др.), также Научных центров — Курчатовского Института, ВНИИЭФ и др., а также зарубежных университетов (Университет Лейпцига, Университет Ковентри, Университет Нанси, Нортвестерн Чикагский университет, Университет Миссиссиппи, Массачусетский университет, Бостонский университет, Миланский университет Боккони, университет Технион в Хайфе и др.).

6. Обоснование потребностей рынка труда в выпускниках магистерской программы

Потребность в выпускниках магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» направления 01.04.04 «Прикладная математика» на рынке труда в обозримом будущем будет только возрастать. Это подтверждается увеличением

количества суперкомпьютеров в РФ, входящих в Топ-50 международных рейтингов, а также принятыми правительственными решениями в области построения цифровой экономики.

Заказчиками выпускников являются российские научно-исследовательские учреждения: ВЦ РАН, НЦЧ РАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, ВМ РАН, ИПМ РАН и др., ИТ-подразделения госкорпораций и крупные ИТ-компании (Т-платформы, Крок, Крафтвей и др.).

Потенциальными потребителями выпускников программы могут быть зарубежные университеты, научные центры и международные компании, например, Университет Лейпцига, Университет Ковентри, Университет Нанси, Нортвестерн Чикагский университет, Университет Миссисипи, Массачусетский университет, Бостонский университет, Миланский университет Боккони, университет Технион в Хайфе, R&D подразделения компаний Intel, IBM, Nvidia, AMD и др.

7. Условия реализации магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии».

Кадровый состав и материально-техническая база реализации магистерской программы

Реализация магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» в департаменте Прикладной математики МИЭМ НИУ ВШЭ обеспечивается силами профессорско-преподавательского состава кафедры ПИКСиС, ведущих специалистов департамента Прикладной математики МИЭМ НИУ ВШЭ и других подразделений НИУ ВШЭ, а также привлекаемыми к преподаванию специалистами-практиками, экспертами в соответствующих областях (Приложение 3).

Все преподаватели магистерской программы имеют ученые степени доктора или кандидата наук либо приравненную к ним ученую степень зарубежных университетов.

Научный руководитель программы (Приложение 4):

Научным руководителем магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» предполагается назначить Щура Л.Н., д.ф.-м.н., профессора, заведующего кафедрой ПИКСиС. Щур Л.Н. является членом Американского физического общества, автором большого количества научных статей в области суперкомпьютерного моделирования, вычислительной физики, анализа параллельных вычислений и прикладных сетевых исследований. Его научно-педагогический стаж составляет 41 год.

Академическим руководителем предлагается назначить – к.ф.-м.н., старшего преподавателя департамента Прикладной математики Кондрашову Е.В.

Материально-техническая база

МИЭМ НИУ ВШЭ, реализующий магистерскую программу «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии», располагает необходимой для реализации программы материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов учебной и научно-исследовательской работы студентов, предусмотренных учебным планом: лекционные аудитории, оборудованные видеопроекторным оборудованием для проведения презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном и имеющие выход в Интернет, помещения для проведения семинарских и практических занятий, компьютерные классы, реализующие распределенные вычисления на платформе BOINC, учебно-научные лаборатории, имеющие доступ к мейнфреймам компании IBM, реализующим облачные вычисления и другие технические средства, обеспечивающие доступ к суперкомпьютерам.

Использование высокопроизводительных вычислительных систем в процессе обучения осуществляется в рамках партнерских отношений с учреждениями РАН (ВЦ РАН, НЦЧ РАН, ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, ВМ РАН, ИПМ РАН и др.), высшими учебными заведениями

(НИВЦ МГУ, ННГУ, МФТИ, ЯрГУ и др.), научными центрами (Курчатовский Институт, ВНИИЭФ),

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного процесса

Магистерская программа «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» обеспечивается учебно-методической документацией и материалами по всем учебным курсам, дисциплинам (модулям) ООП. Содержание учебных курсов (дисциплин, модулей) представлено в сети Интернет или локальной сети НИУ ВШЭ.

Информационное обеспечение учебного процесса основывается на свободном доступе каждого студента к базам данных и библиотечным фондам, формируемым по полному перечню дисциплин (модулей) магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии».

Активное использование подписных электронных ресурсов (таких как EBSCO, ScienceDirect, ProQuest и т.п.) в процессе обучения повышает уровень владения данными базами и ориентирует учащихся на использование передовых знаний в рассматриваемой области.

Имеющийся методический задел по направлению магистерской программы отражен в Приложении 3.

Оценка качества освоения магистерской программы «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» осуществляется в ходе текущей, промежуточной и итоговой аттестации. Для текущей и промежуточной аттестации студентов используются разнообразные оценочные средства: тесты, контрольные работы, типовые индивидуальные и групповые задания, выполняемые в рамках аудиторной занятости и в ходе самостоятельной работы. Промежуточный контроль уровня освоения знаний учащимися планируется в форме письменных экзаменов. Итоговая государственная аттестация предполагает защиту выпускной квалификационной работы, выполняемой в виде магистерской диссертации.

8. Концепция Научно-исследовательского семинара

Целью семинара является развитие навыков научно-исследовательской работы, включая навыки сбора, систематизации, анализа релевантной информации, представления результатов исследования. Научно-исследовательский семинар способствует постановке и уточнению цели магистерской диссертации, определению подходов к ее выполнению. Кроме того, семинар направлен на подготовку учащихся к самостоятельной деятельности, включающей аналитические и презентационные компоненты, в том числе выступления на научно-технических конференциях, заседаниях научно-технических советах предприятий для различных целевых аудиторий по итогам проектов.

Научным руководителем научно-исследовательского семинара «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии» предполагается назначить профессора Л.Н. Щура

Занятия по научно-исследовательскому семинару проводятся в течение двух лет обучения (начиная со второго модуля первого года).

В результате первого года обучения, учащиеся овладевают методами поиска и отбора релевантной информации и выбора математического аппарата для решения конкретных задач по направлению исследований. Это позволяет сформировать у учащихся представление о возможных направлениях исследования в рамках написания магистерской диссертации. .

На втором году обучения преобладающую роль играет индивидуальная работа студентов с научными руководителями их магистерских диссертаций. В ходе проведения научно-

исследовательского семинара определяется предварительная тема магистерской диссертации, формулируется цель исследования, определяются задачи и способы их достижения, формируется план диссертации, находящие отражение в активной самостоятельной исследовательской работе. Подготовленная магистерская диссертация представляется к защите.

НИС также будет иметь и проектную составляющую, включая групповую работу магистрантов на различных объектах и стадиях научных исследований.

К работе НИС будут привлекаться ведущие специалисты научных институтов и центров РАН.

9. Условия приема и зачисления на магистерскую программу «Суперкомпьютерное моделирование в науке и инженерии»

Планируемый прием на программу — 20 бюджетных мест и 5 платных мест. На программу принимаются лица, имеющие высшее образование (диплом бакалавра или специалиста) и выдержавшие конкурсные испытания (конкурс портфолио), свидетельствующие о способности абитуриента к приобретению знаний и навыков в рамках магистерской программы, а также победители профильных Олимпиад.

Абитуриенты программы - выпускники НИУ ВШЭ и других ВУЗов с достаточной подготовкой по математике, физике и информационным технологиям таких направлений, как прикладная математика, прикладная математика и информатика, информатика и вычислительная техника, программная инженерия, прикладная математика и физика. Анализ показывает, что выпускников бакалавриата этих направлений значительно больше чем количество бюджетных мест в магистратуре по всей стране по направлению Прикладная математика. Программа может представлять интерес для абитуриентов из стран Дальневосточного и Тихоокеанского регионов и стран БРИКС.

Порядок и содержание конкурсного отбора, включая состав конкурсных процедур, определяется с учетом настоящей Концепции в соответствии с Положением НИУ ВШЭ о порядке приема для обучения по образовательным программам магистратуры НИУ ВШЭ.

10. Приложения

- Базовый учебный план магистерской программы.
- Аннотации основных дисциплин учебного плана.
- Сведения о ППС.
- Резюме руководителя магистерской программы.