

НЕКОТОРЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАСШИРЕНИЮ ФГОС ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.П. Гергель, К.А. Баркалов

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

Введение

С 2010 года ННГУ им. Н.И. Лобачевского является соисполнителем проекта «Создание национальной системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения» [1]. Одним из результатов проекта, полученных в 2010 году, стала разработка группой экспертов из пяти вузов-участников Свода знаний и умений (профессиональных компетенций) в области суперкомпьютерных технологий [2]. На основании этого Свода предлагается модернизация (обновление) федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения.

Рассматривается ФГОС третьего поколения подготовки бакалавров по направлению 010400 «Прикладная математика и информатика» [3] с точки зрения степени покрытия области суперкомпьютерных технологий (СКТ). Устанавливается степень соответствия стандарта и разработанного в рамках проекта Свода знаний и умений в области СКТ. Сформированы рекомендации по расширению ФГОС.

Анализ соответствия ФГОС рекомендациям Свода знаний и умений в области СКТ

В первом, втором и третьем разделе ФГОС указаны базовые требования и терминология, которые не привязаны к конкретной предметной области и не нуждаются в коррекции.

Четвертый раздел ФГОС посвящен описанию характеристики профессиональной деятельности бакалавров.

Указанные в ФГОС *объекты профессиональной деятельности* бакалавров в целом охватывают широкий спектр моделей, методов, языков, технологий, пакетов, проектов и др. В том числе, содержится в явном виде следующая формулировка *«высокопроизводительные вычисления и технологии параллельного программирования»*, что явно указывает на принадлежность к СКТ и представляется достаточным для бакалаврского стандарта.

Сформулированные *направления проектной, производственно-технологической, научной и научно-исследовательской деятельности* явно не указывают на применение СКТ, тогда как в науке и промышленности имеется немало приложений СКТ. Конечно, многие пункты данного раздела можно трактовать широко, например, *«разработка архитектуры, алгоритмических и программных решений системного и прикладного программного обеспечения»*. Тем не менее, предлагается расширить стандарт, включив в перечень формулировку, явно ориентированную на использование СКТ в производственной деятельности.

Пятый раздел ФГОС формулирует *общекультурные и профессиональные компетенции*. Анализ соответствия перечня компетенций и свода знаний и умений в области

СКТ позволяет сделать следующий вывод: пятый раздел является одним из ключевых в стандарте. По сути, он выступает в качестве основы для формирования учебного плана подготовки бакалавров по направлению. При этом он должен быть сформулирован в достаточно общем виде, чтобы, с одной стороны, охватить все наиболее важные компетенции, с другой стороны, дать возможность высшим учебным заведениям, ведущим подготовку, учесть и внести свою специфику, исходя из имеющегося опыта, кадров, школ, результатов, связей с индустрией, региональными аспектами и особенностями. Понимая эти трудности, стоит признать, что несмотря на некоторые не очень удачные формулировки, определенные дублирования перечень является достаточно качественным.

В то же время степень его соответствия своду знаний и умений в области СКТ оставляет желать лучшего. Так, перечень компетенций не включает ссылок на СКТ, возможно, подразумевая их неявно в ряде формулировок. Представляется полезным конкретизировать ряд профессиональных компетенций (например, ПК-2, ПК-4), сославшись на СКТ. Кроме того, полезно расширить компетенции владения математическим аппаратом (ПК-3), в частности добавив туда формулировку «Математические основы параллельных вычислений». Наличие подобной подготовки является критичной для специалистов в области СКТ. Представляется полезным дополнить перечень профессиональных компетенций с учетом покрытия и других разделов свода знаний и умений в области СКТ, в частности разделов 2, 3 и, возможно, в 4 (в принципе, сложные вопросы раздела 4 – параллельные алгоритмы – могут быть перенесены в магистратуру в связи с необходимостью серьезной математической подготовки и некоторого опыта решения прикладных задач).

Также важно в дальнейшем обратить внимание на поддержку компетенций ПК-9 и ПК-10 в шестом разделе ФГОС.

Шестой раздел ФГОС формулирует требования к структуре основных образовательных программ бакалавриата. Изучение структуры ООП бакалавриата вновь показывает, что указанные на стр. 3 ФГОС *направления научной деятельности* в области профессиональной деятельности бакалавра, имеющие непосредственное отношение к СКТ, недостаточно поддержаны перечнем дисциплин для формирования программ подготовки. Конечно, многие указанные дисциплины прямо или косвенно соотносятся с СКТ (языки программирования, операционные системы, дискретная математика и многие другие), однако представленный перечень не дает ясного представления о том, как критические для СКТ направления будут рассматриваться в учебных дисциплинах. Все это позволяет сделать вывод, что многие разделы свода знаний и умений в области СКТ рассматриваются в недостаточном объеме либо не рассматриваются в предлагаемом стандартом перечне дисциплин.

Предложения по расширению ФГОС

В разделе 6 «Требования к структуре основных образовательных программ бакалавриата» предлагается расширить перечень курсов новыми, целиком посвященными проблематике высокопроизводительных вычислений и разработке параллельных программных систем, и, кроме того, осуществить расширение набора существующих курсов разделами, связанными с тематикой суперкомпьютерных систем.

Новые предлагаемые курсы:

- Математические основы параллельных вычислений;
- Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем;
- Технологии и средства разработки параллельных программ;
- Технологии разработки параллельных программ для систем с общей памятью;

- Технологии разработки параллельных программ для систем с распределенной памятью;
- Разработка параллельных программ с использованием графических процессоров;
- Инструменты параллельного программирования;
- Параллельные численные методы;
- Параллельные языки программирования;
- Параллельные базы данных.

Курсы, в которые предлагается добавить разделы, затрагивающие аспекты параллелизма:

В базовой части раздела Б.2

- Основы информатики
- Компьютерная графика
- Архитектура компьютеров

В базовой части раздела Б.3

- Дискретная математика
- Дифференциальные уравнения
- Теория вероятностей и математическая статистика
- Языки и методы программирования
- Операционные системы
- Базы данных
- Численные методы
- Методы оптимизации

Для расширения ФГОС третьего поколения по направлению 010400 «Прикладная математика и информатика» для углубленного изучения СКТ предлагается внести дополнения и изменения в следующие разделы ФГОС.

Характеристика профессиональной деятельности бакалавров

1. Пункт 4.1. (Область профессиональной деятельности бакалавров включает) в конец добавить:
а также высокопроизводительных вычислительных систем;
2. Пункт 4.2. (Объектами профессиональной деятельности бакалавров) добавить:
программное и информационное обеспечение суперкомпьютерных технологий.

Требования к результатам освоения основных образовательных программ бакалавриата

1. Профессиональную компетенцию ПК-9 изложить в следующей редакции: Способностью решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, включая решения для параллельных вычислительных систем (ПК-9).
2. Профессиональную компетенцию ПК-10 изложить в следующей редакции: способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, в том числе и языки параллельного программирования, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии (ПК-10).
3. Добавить следующую новую профессиональную компетенцию (ПК-15): знание парадигм, методологий, особенностей языков, базовых алгоритмов параллелизма.

ельного программирования; владение методами и навыками использования средств параллельного программирования (ПК-15).

Требования к структуре основных образовательных программ бакалавриата

Таблица 1. Структура ООП бакалавриата

1. В базовую часть раздела «Математический и естественнонаучный цикл» добавить:

Код УЦ ООП	Учебные циклы и проектируемые результаты их освоения	Перечень дисциплин для разработки примерных программ, учебных пособий
	<p>В результате изучения базовой части цикла студент должен:</p> <p>знать</p> <ul style="list-style-type: none"> - аспекты параллелизма в архитектуре вычислительных систем; - аспекты параллелизма в задачах компьютерной графики и возможности по использованию графических процессоров для параллельной реализации расчетных алгоритмов общего назначения; <p>уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять на практике возможности многоядерных и кластерных систем при решении профессиональных задач; <p>владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> - математическими основами параллельного программирования. 	<p>* <i>Предлагается внести дополнительные разделы в следующие курсы:</i></p> <p>Основы информатики Компьютерная графика Архитектура компьютеров</p>

2. В вариативную часть раздела «Математический и естественнонаучный цикл» добавить:

Код УЦ ООП	Учебные циклы и проектируемые результаты их освоения	Перечень дисциплин для разработки примерных программ, учебных пособий
Б2	<p>В результате изучения дисциплины студент должен:</p> <p>владеть математическими основами параллельного программирования;</p> <p>знать параллельные варианты реализации основных численных методов (операции и задачи линейной алгебры, численного дифференцирования и интегрирования, решения дифференциальных уравнений, дискретной математики и др.);</p> <p>уметь применять их на практике при решении профессиональных задач.</p>	<p>Математические основы параллельных вычислений Параллельные алгоритмы</p>

3. В базовую часть раздела «Профессиональный цикл» добавить:

Код УЦ ООП	Учебные циклы и проектируемые результаты их освоения	Перечень дисциплин для разработки примерных программ, учебных пособий

Б.3	<p>В результате изучения базовой части цикла студент должен:</p> <p>знать</p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности оценки сложности параллельных алгоритмов с учетом особенностей подсистем памяти и топологий компьютерных сетей; - способы параллельного численного решения дифференциальных уравнений, задач математической статистики, параллельные алгоритмы решения задач оптимизации; - основные возможности, необходимые для поддержки параллелизма на уровне операционных систем; - принципы создания параллельных СУБД; - основные подходы к созданию параллельных программ (параллелизм по данным, функциональный параллелизм) и необходимые возможности для их поддержки на уровне языков программирования; <p>уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> - реализовывать основные параллельные приложения для различных вычислительных архитектур; - анализировать эффективность параллельных приложений; <p>владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> - основными методами разработки параллельных программ. 	<p><i>* Предлагается внести дополнительные разделы в следующие курсы:</i></p> <p>Дискретная математика Дифференциальные уравнения Теория вероятностей и математическая статистика Языки и методы программирования Операционные системы Базы данных Численные методы Методы оптимизации</p>
-----	--	---

4. В вариативную часть раздела «Профессиональный цикл» добавить:

Код УЦ ООП	Учебные циклы и проектируемые результаты их освоения	Перечень дисциплин для разработки примерных программ, учебных пособий
Б.3	<p>В результате изучения дисциплин студент должен:</p> <p>владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> - основными методами разработки параллельных программ; - инструментальными средствами разработки и повышения производительности параллельных приложений; <p>знать</p> <ul style="list-style-type: none"> - принципы и особенности организации архитектур высокопроизводительных вычислительных систем (конвейер, системы с общей и распределенной памятью и др.); - механизмы поддержки параллелизма на уровне операционных систем; - основные языки параллельного программирования; <p>уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> - проектировать параллельные приложения для различных вычислительных архитектур; - разрабатывать параллельные алгоритмы и применять известные библиотеки параллельных методов; - анализировать и повышать эффективность параллельных приложений. 	<p>Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем Технологии и средства разработки параллельных программ Технологии разработки параллельных программ для систем с общей памятью Технологии разработки параллельных программ для систем с распределенной памятью Разработка параллельных программ с использованием графических процессоров Инструменты параллельного программирования Параллельные численные методы Параллельные языки программирования Параллельные базы данных</p>

Заключение

Анализ ФГОС третьего поколения по направлению 010400 «Прикладная математика и информатика» и разработанного свода знаний и умений в области СКТ показывает недостаточное покрытие свода в стандарте, что обуславливает необходимость выработки рекомендаций по расширению стандарта. Это расширение можно провести в разделах 4 (добавить направления деятельности с использованием СКТ), 5 (конкретизировать ряд компетенций, добавить специфичные для СКТ компетенции), 6 (в списке ряда дисциплин, имеющих в стандарте, указать на необходимость рассмотрения разделов, критичных для СКТ; добавить новые дисциплины в соответствии со сводом знаний и умений).

Работа выполнена в рамках выполнения госконтракта № 07.P20.11.0027.

Литература

1. Проект комиссии Президента по модернизации и технологическому развитию России «Создание национальной системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения», www.hpc-education.ru.
2. Свод знаний и умений в области суперкомпьютерных технологий, <http://hpc-education.ru/?q=node/15>.
3. ФГОС ВПО по направлению подготовки 010400 «Прикладная математика и информатика», http://www.edu.ru/db-mon/mo/Data/d_10/m538.html.