

## «ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ» В НОВОЙ СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Солонина А. И., к.т.н, доц., зав.каф., Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, e-mail: as-io@yandex.ru*

**Ключевые слова:** образование, качество, фундаментальность, направление, уровень, архитектура, технология обучения, компьютерное моделирование.

### Введение

Этой статьей хотелось бы открыть дискуссию по теме преподавания дисциплин цифровой обработки сигналов в контексте новой системы высшего образования, поделиться собственным опытом и обсудить с коллегами, знакомыми с ситуацией изнутри, некоторые свои соображения.

Определенное ухудшение качества подготовки студентов в последние десятилетия, фундаментальные причины которого хорошо известны, привело к снижению статуса отечественного высшего технического образования. Увы, «в приказном порядке» его не восстановишь. Крен в сторону экономической выгоды от разного рода деятельности, приоритет НИР (безусловно, неотъемлемой части высшего образования) сопровождается потерей интереса к собственно образовательной деятельности, фактически отводит ей вторую роль, в то время как в мире идет конкурентная борьба за качество высшего образования, а его сердцевину составляют уровень и содержание образовательных программ.

### Каркас архитектуры системы высшего образования

Присоединение России к Болонскому процессу встраивает российское высшее образование в единое образовательное пространство, позволяет преодолеть последствия замкнутости и самоизоляции.

Кроме того, модель российского высшего образования перестала отвечать требованиям быстрой адаптации к динамичному развитию современной науки и техники, стремительному процессу устаревания, обновления и расширения знаний во многих, особенно прикладных, областях.

В этих условиях было признано целесообразным смещение акцентов, в частности:

- с подготовки по относительно узким техническим специальностям к подготовке по более широким направлениям;
- с обучения быстро устаревающим практическим знаниям к изучению относительно более устойчивых фундаментальных теоретических знаний;
- с трансляции знаний преподавателем к самостоятельной исследовательской работе студентов и обучению их работе с информацией («научиться учиться»);
- с одного уровня образования к иерархии уровней.

Фундаментальность высшего технического образо-

*Обсуждается архитектура новой системы высшего образования, ее гармоничная согласованность с архитектурой университета и встраивание в них фундаментальной подготовки по цифровой обработке сигналов для направлений «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и «Радиотехника», уровень, содержание и методология обучения.*

вания сочетает в себе приоритет фундаментальных теоретических знаний (общепрофессиональных и специализированных) с необходимыми практическими навыками, что в целом формирует профессиональные компетенции.

Университет обеспечивает фундаментальную подготовку по широкому направлению на двух уровнях.

Первый уровень, соответствующий степени «бакалавр», обеспечивает базовую фундаментальную подготовку по широкому направлению и может включать профили с «окрашенностью» образовательных программ.

Второй уровень, соответствующий степени «магистр», обеспечивает углубленную фундаментальную подготовку в относительно более узкой обобщенной области в рамках широкого направления и включает определяемые университетом профессионально-образовательные программы с ключевой для подготовки научно-исследовательской частью.

Намеченные Болонским процессом изменения в системе высшего образования носят внешний, структурный характер, что подчеркивается термином «архитектура» (общая структура) системы высшего образования.

В архитектуре системы высшего образования содержится ряд концептуальных компонентов, но ее каркас, интересующий нас, можно представить вертикалью широких направлений (условно обозначенных номерами) с горизонталями уровней подготовки (рис. 1).



Рис. 1. Каркас архитектуры системы высшего образования

Диапазон направлений характеризует потенциал и специфику университета. Бакалавриат удовлетворяет массовый запрос на высшее образование. Магистратура определяет уникальность университета, уровень и разносторонность его научных исследований и статус университета в целом.

### Каркас архитектуры университета

Еще один значимый термин, используемый авторами Болонского процесса, – «гармонизация» – противопоставляется неприемлемой для этого процесса «стандартизации» и подчеркивает безусловное право университетов на

разнообразие решений при разработке образовательных программ, собственной структуры и т. д., при условии их встраивания в архитектуру системы высшего образования.

Вероятно, переход к новой системе высшего образования повлечет за собой постепенную реорганизацию структуры университетов. Архитектура (общая структура) университета охватывает его многообразные компоненты, но ее каркас, интересующий нас, гармонично согласованный с каркасом архитектуры системы высшего образования, логично представить вертикалью факультетов (условно обозначенных номерами) с горизонталями кафедр факультета (рис. 2).

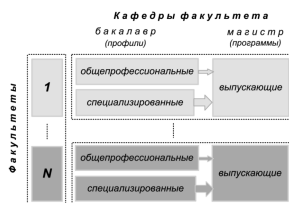


Рис. 2. Каркас архитектуры университета

Подготовка бакалавров и магистров осуществляется по широкому направлению, поэтому ему сопоставлен традиционный для российских университетов «факультет».

Кафедры факультета сопоставлены уровням подготовки и условно представлены тремя типами, а именно:

– на уровне «бакалавр» – общепрофессиональными и специализированными кафедрами;

Общепрофессиональные кафедры обеспечивают базовую часть подготовки по широкому направлению для всех профилей. Дисциплины базовой части профессионального цикла являются обязательными, что не исключает их расширения/углубления в вариативной части.

Специализированные кафедры обеспечивают углубленную подготовку по широкому направлению или его профилю, определяемую дисциплинами вариативной части профессионального цикла.

Бакалавр изначально не закрепляется за конкретной кафедрой, и имеет право писать выпускную работу на любой из них. По этой причине на данном уровне отдельно не выделены выпускающие кафедры.

– на уровне «магистр» – выпускающими кафедрами.

Магистры изначально закрепляются за конкретными кафедрами, и в этом смысле кафедры данного уровня являются выпускающими.

Подготовка магистров на кафедре осуществляется по профессионально-образовательной программе по широкому направлению, определяемой дисциплинами вариативной части общенаучного и профессионального циклов. Программа разрабатывается и реализуется кафедрой, как правило, специализированной (на рис. 2 широкая стрелка).

В структуре конкретного университета факультет может объединять несколько широких направлений, или, напротив, одно широкое направление может быть разделено на группы профилей по одному широкому направлению.

Сложный и гибкий процесс реорганизации кафедр факультета имеет смысл начинать после утверждения учебных планов по всем направлениям при ясной картине списка дисциплин (базовой и вариативной частей) и их объема в часах.

При реорганизации кафедр учитывается ее тип, ответственность или преемственность дисциплин, объем нагрузки, кадровый состав, традиции университета и т. д.

Общепрофессиональные кафедры, «обслуживающие» несколько широких направлений, относят к одному из факультетов на усмотрение университета.

Кафедры с дисциплинами гуманитарного, математического и других циклов, как правило, также относят к одному из факультетов на усмотрение университета.

### Место дисциплин ЦОС в архитектуре системы высшего образования и университета

Перспективы научно-технического развития в области телекоммуникаций и радиотехники в значительной мере связаны с разработкой новых методов и алгоритмов ЦОС и созданием на их основе программных (soft) и аппаратных (hard) продуктов на базе цифровых процессоров обработки сигналов (ЦПОС), ПЛИС и т. п.

Сложность технологии разработки soft и hard продуктов предполагает высокий уровень фундаментальной подготовки бакалавров и магистров в области ЦОС по направлениям «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (210700) и «Радиотехника» (210400), о которых по умолчанию пойдет речь далее.

Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по данным направлениям для бакалавров предусмотрена дисциплина ЦОС в базовой части профессионального цикла (в примерном учебном плане рекомендуемый объем составляет 3 зачетные единицы, 54 аудиторных часа).

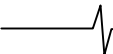
Согласно ФГОС ВПО, проектируемые результаты ее освоения в сжатой формулировке сводятся к линейке знаний и навыков «базовая теория – компьютерное моделирование – реализация».

Действительно, именно такая «линейка» в целом дает системное представление о базовых методах и алгоритмах ЦОС и технологии создания soft и hard продуктов. Вопрос в том, как охватить эту «линейку» в рамках отведенных часов. Преподаватель с опытом чтения дисциплин ЦОС ответит однозначно, что это нереально, ни при какой гениальной методике. Для сравнения, в том же учебном плане на изучение дисциплины «Теория электрических цепей» отводится, по меньшей мере, вдвое больше часов, в то время как сложность, объем и востребованность дисциплины ЦОС, как минимум, не меньшие.

В рамках отведенных часов реально обеспечить линейку знаний и навыков «базовая теория – компьютерное моделирование». Естественно, это нарушает всю стройность замысла и снижает планку фундаментальной подготовки бакалавров по указанным направлениям, где ЦОС – основа разработки современных систем (математических преобразований, реализуемых средствами цифровой вычислительной техники).

Механизм расширения/углубления дисциплин предусмотрен ФГОС ВПО. Ранее упоминавшаяся «гармонизация» в данном случае означает право «широкого маневра» при формировании образовательных программ для бакалавров и магистров за счет дисциплин вариативной части.

Стандартизации и унификации в вопросе о расширении/углублении дисциплины ЦОС, по определению,



быть не может, но возможны следующие варианты включения дополнительной дисциплины (дисциплин) ЦОС в вариативную часть:

– профессионального цикла для бакалавров – обязательная дисциплина;

В этом случае, однако, надо понимать, что политику в формировании дисциплин вариативной части определяют специализированные кафедры, и они вправе сделать выбор в пользу собственных дисциплин.

– профессионального цикла для бакалавров – дисциплина по выбору;

Здесь другой «подводный камень» – механизм выбора дисциплин студентами пока, мягко говоря, не достаточно отлажен.

– общенаучного цикла для магистров – обязательная дисциплина.

В принципе, приемлемый вариант, если нет массового запроса на знания в области ЦОС для бакалавров, а в профессионально-образовательной программе кафедры востребовано расширение/углубление этих знаний.

Таким образом, в архитектуре системы высшего образования дисциплина ЦОС соответствует уровню «бакалавр», но ее расширение/углубление может распространяться на уровень «магистр».

В архитектуре университета дисциплина ЦОС, а также ее расширение/углубление должны обеспечиваться общеупрофессиональной кафедрой, и, представляется, что аббревиатура ЦОС должна присутствовать в ее названии при любом объединении с родственными дисциплинами.

### **Содержание и обеспечение дисциплины ЦОС**

В фундаментальной теории ЦОС принято выделять две части:

– базовую часть – базовые методы и алгоритмы ЦОС, инвариантные относительно конкретного приложения и физической природы сигнала;

– прикладную часть – специальные методы и алгоритмы ЦОС для конкретных приложений и физической природы сигнала.

Базовая часть обеспечивается общепрофессиональной кафедрой, а прикладная – специализированными кафедрами.

Содержание базовой части фундаментальной теории ЦОС может варьироваться в зависимости от широкого направления или его профиля, но в общем случае традиционно включает в себя следующие разделы [1–5]:

1. Дискретные сигналы.
2. Линейные дискретные системы.
3. ДПФ и БПФ.
4. КИХ и БИХ фильтры.
5. Эффекты квантования в цифровых системах.
6. Спектральный анализ случайных сигналов.
7. Многоскоростная обработка сигналов.
8. Адаптивные фильтры.

Технология проектирования систем ЦОС с реализацией на базе ЦПОС и/или ПЛИС.

Все разделы должны поддерживаться компьютерным моделированием и последний – интегрированной средой и платами ЦПОС или ПЛИС.

В целом это и формирует линейку знаний и навыков «базовая теория – компьютерное моделирование – реализация» – системное представление о базовых методах и алгоритмах ЦОС и технологии создания soft и hard продуктов.

Смещение акцента с трансляции знаний преподавателем к самостоятельной исследовательской работе студентов и обучению их работе с информацией («научиться учиться»), о чем говорилось выше, имеет все возможности успешной реализации при повсеместном распространении и совершенствовании персональных компьютеров и компьютерных технологий. Более того, по существу, это повлекло за собой настоящую революцию в области образовательных технологий.

Попытка освоить и внедрить данную технологию для обучения ЦОС была предпринята в новом учебном пособии «Цифровая обработка сигналов и MATLAB», разработанном на кафедре цифровой обработки сигналов СПбГУТ. Теоретическая часть, охватывающая все перечисленные разделы (кроме реализации), поддерживается самостоятельным исследованием с помощью созданных обучающих программ (прилагаемых на CD) и графического интерфейса пользователя MATLAB. Многие важные аспекты и проблемы практического применения методов и алгоритмов ЦОС целостно воспринимаются и осмысливаются только в процессе самостоятельного исследования посредством компьютерного моделирования.

Помимо изучения теории ЦОС и средств моделирования MATLAB, студенты обучаются самостоятельной работе с литературными источниками и информацией в обширной системе помощи MATLAB.

Выбор системы MATLAB, общепризнанного мирового стандарта в области компьютерных технологий, очевиден для любого специалиста в области ЦОС, т.к. современная технология разработки soft и hard продуктов немислима без MATLAB и ее подсистемы Simulink.

### **Заключение**

Рассмотрены в единой взаимосвязи каркас архитектуры новой системы высшего профессионального образования, гармонично согласованный с ним каркас архитектуры университета и встроенная в них дисциплина ЦОС для профессиональной подготовки по направлениям «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (210700) и «Радиотехника» (210400).

Представляется, что в достаточно тесном мире преподавателей дисциплин ЦОС чрезвычайно важна открытая дискуссия и согласованность позиций по этим вопросам.

### **Литература**

1. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. – М.: Техносфера, 2006.
2. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов, 3-е издание – СПб.: БХВ-Петербург, 2010.
3. Солонина А.И., Арбузов С.М. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
4. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
5. Солонина А.И., Клионский Д.М., Меркучева Т.В., Перов С.Н. Цифровая обработка сигналов и MATLAB. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013.