

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В. Ломоносова
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ и КИБИРНЕТИКИ

**IV Международная
научно-практическая конференция**

**Современные
информационные технологии
и ИТ-образование**

СБОРНИК ТРУДОВ

**Под редакцией
проф. В.А. Сухомлина**

**Москва
2009**

УДК [004:377/378] (063)
ББК 74.5я431 (0) + 74.6я431 (0)
С56

Печатается по решению редакционно-издательского отдела факультета Вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета

Рецензенты: профессор, д.ф.-м.н. А. Н. Томилин

профессор, д.ф.-м.н. Л. А. Калининченко

С56 Современные информационные технологии и ИТ-образование.
Сборник докладов научно-практической конференции: учебно-методическое пособие. Под ред. проф. В. А. Сухомлина.
– М.: ИНТУИТ.РУ, 2009. – 848 с.

ISBN 978-5-9556-0115-1

В сборник трудов включены доклады IV Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование», прошедшей в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова 14-15 декабря 2009 г. Целью конференции являлась интеграция усилий университетов, науки, индустрии и бизнеса в решении актуальной задачи построения востребованной национальной системы ИТ-образования.

Материалы сборника предназначены для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, интересующихся проблемами ИТ-образования, теоретическими, методологическими и прикладными вопросами в области информационных технологий.

УДК [004:377/378](063)
ББК 74.5я431(0)+74.6я431(0)

ISBN 978-5-9556-0115-1

О системе компетенций для подготовки информатиков высокого уровня

Н.Н.Ненейвода, профессор, УдГУ, МФТИ

Этот доклад явился результатом осмысления более чем двадцатилетней работы автора и опыта работы многих других российских школ подготовки информатиков (в частности, СПбГУ ИТМО, НГУ, ВМК МГУ, МФТИ). На него оказали сильное воздействие итоги последних исследований ИПУ РАН по анализу ситуации с инновациями, «объективными оценками» и «честными конкурсами» (инновационный регресс и управляемая дезинформация). Здесь строится *метасистема* для порождения соответствия с конкретными условиями конкретных факультетов планов подготовки информатиков, базирующихся на общих принципах высшего порядка и ориентированных на максимальное использование лучших российских и местных традиций и сильнейших кадров.

1. Введение

Ситуация с итогами вступительных экзаменов по ЕГЭ скромно названа Президентом «проблемной». Итоги перепроверки знаний поступивших просто ужасающие. Впрочем, стремительное падение уровня подготовки и просто интеллектуального потенциала выпускников четко прослеживается в последние 3-4 года, после начала массированного проталкивания очередных незрелых реформ, накладывающихся на еще не переваренные до конца последствия предшествующих. Вновь обращает на себя внимание отсутствие серьезных выводов из фактов и даже попыток их анализа, полная идейная беспомощность официального руководства в данной области.

В последний год многие даже американские деятели (конечно же, из эгоистических соображений) предупреждали, что всему миру будет нанесен большой ущерб, если погибнет российское образование, которое, к несчастью, поддерживает сейчас в гораздо большей мере США, чем Россию, но и России придется несладко после его окончательного убийства. Тем не менее упрямо продолжается та же гибельная линия, которая велась все последние полтора десятилетия. Теперь это можно объяснить лишь боязнью некоторых очень высокопоставленных чиновников потерять лицо, а с ним вместе и положение.

Но, конечно же, другой недопустимой крайностью было бы просто реставрировать систему советского образования. Она, безусловно, хранила многие ценнейшие черты немецкой системы XIX века, потерянные на Западе в угоду идолам прав человека и свободы личности и мнений. Но она отказывалась вносить в себя даже необходимые консервативные

изменения, отождествляя фундаментальность образования с знанием традиционных, когда-то зафиксированных, и тогда, безусловно, разумных и передовых курсов. Но фундаментальность означает не наличие суммы определенных знаний, которые с некоторой вероятностью обеспечивают такой *уровень развития специалиста, на котором он может воспринимать и обрабатывать знание, не данное ему в период обучения*. Она означает сам такой уровень. Достичь его можно разными способами, но при этом фундаментальность подразумевает устойчивость и прочность, что заставляет в качестве основы фундаментального образования брать не самое модное течение, а некоторую сформировавшуюся, устоявшуюся и проверенную *систему знаний*. Лишь овладев хотя бы одной системой знаний, специалист (за исключением, безусловно, гениальных одиночек) может достичь достаточно высокого уровня знаний и умений.

2. Образование с точки зрения системы уровней знаний и умений

Напомним, что, согласно открытию кн. Белосельского-Белозерского, поддержанному, в частности, И. Кантом, уровни устойчивых знаний образуют тонкие сферы, разделенные большими пространствами полужнания и воинствующего невежества. В этих пространствах великолепно уживаются абсолютизация относительных результатов и навязывание их как абсолютных истин с полным невежеством относительно соседних областей либо других методов. Например, специалисты по математическому анализу до сих пор пишут логические формулы столь грубо ошибочно, что любого логика они давно уже публично казнили бы, если бы он на таком же уровне невежества писал аналитические. Уровни знаний и умений классифицируются по логической сложности понятий, используемых на этих уровнях. Но, хотя формально они выстраиваются в иерархию, нельзя считать одни из них лучше других, поскольку на каждом уровне есть свои достоинства, нехарактерные для других уровней.. Конечно же, эти достоинства неразрывно связаны и с соответствующими им недостатками, но в целом человек, устойчиво стоящий на своем уровне, является духовно и умственно здоровой личностью, отлично владеющей инструментарием и порою достигающей виртуозности. Он работает или думает красиво и четко.

Тот, кто пытается держаться на уровне выше своего, как правило, сходит с ума. Тот, кому образование или обстановка не дали подняться до своего уровня, впадает в отчаяние. Но временные экскурсии на более высокий уровень, чтобы хотя бы одним глазом посмотреть, что же там творится, или же отступления на более низкий с целью отдохнуть и собраться с силами часто весьма полезны.

Непрерывный переход с одного уровня на другой аналогичен попытке пересечь пропасть пешком по воздуху. Еще осложняет ситуацию то, что сильные стороны предыдущего уровня становятся слабыми местами следующего, а недостатки предыдущего — преимуществами следующего. Поэтому ориентация на среднего студента является недопустимой дискриминацией сильных, а ориентация на самых сильных может привести к недопустимо большим потерям среди тех, кто не может устойчиво дотянуться до их уровня. Учитывая, что и в том, и в другом случае мы теряем ценных специалистов, приходится выстроить систему так, чтобы она одновременно убивала двух зайцев, не меньше.

В УдГУ нам длительное время удавалось добиться следующих результатов. Слабые троечники выходили отличными старшими программистами. Сильные троечники становились менеджерами или руководителями фирм. Следующий уровень становился руководителями проектов. Лучшие студенты становились аналитиками.

Конечно же, примерно 25% студентов не выдерживают столь интенсивного обучения. Большинству из них дается возможность перевестись на другие специальности, где их с удовольствием принимают. И примерно половина из переведенных становится отличниками на факультетах, подобных экономическому либо математическому. Таким образом, безвозвратные потери лежат в районе 10-15%, что можно считать минимальной планкой. Остальные успешно находят свое место в жизни в соответствии со своим уровнем знаний и умений.

Я в обсуждениях своих работ на форумах заметил, что менеджеры-информатики систематически утверждают, что я называю «аналитиками» системных архитекторов. Это лишь одна из возможных специальностей аналитика. Многие из них ушли в совсем другие области, где тоже необходима обработка сложной и интересной информации.

3. Главные компетенции и возможные методы их достижения

Итак, главной компетенцией информатика является инвариант основного умения всех успешно закончивших курс: *способность быстро входить в любую конкретную предметную область, поскольку задачи поступают из непредсказуемых областей, и осваивать ее как раз в той мере, как это необходимо для поставленной цели*. Из того, что было сказано во Введении, видно, что такую компетенцию может обеспечить лишь фундаментальное образование. Из того, что предметная область остается все равно непредсказуемой, видно, что положительный эффект фундаментального образования обеспечивается не изучением конкретной «актуальной» тематики, а помощью в *выработке специалистом системы знаний и умений, соответствующей его естественному уров-*

ню. Лозунг «Научить учиться» слишком сладок для описания двух этих эффектов. Нужно научить работать с любой непредсказуемой областью, а не бесконечно изучать ее. Нужно знать, когда стоит учиться, а когда осознанно использовать свое незнание.

Следовательно, конкретная область приложений во время обучения роли практически не играет, лишь бы она была достаточно интересной. Хуже всего получается, когда она слишком «актуальна». Но конкретный способ достижения фундаментальной системы знаний (позволяющей лучшим с гарантией подняться до уровня метода, последнего из относительно безопасных для более низкоуровневых личностей) практически не имеет значения.

Автору известны на опыте его научных и практических контактов по крайней мере шесть фундаментальных методов. Это, во-первых, численные динамические системы. Во-вторых, топологический подход к динамическим системам. В-третьих, геометрически-топологические методы. В-четвертых, логико-алгебраический подход к системам. В-пятых, в чистом виде метод алгебраических систем и теории категорий. В-шестых, метод конструктивной математики. В УдГУ центральным был сделан последний из методов. В НГУ был принят в качестве основы четвертый. В Липецке весьма успешно развивается пятый. Во множестве мест развивается с разной степенью успешности первый из методов.

При образовании по фундаментальной информатике первый из методов можно смело отбросить. Он приводит к формированию человека, все оценивающего числами, что недопустимо в нынешней реальности для высокоуровневых специалистов-аналитиков. Без качественных нечисловых оценок такой специалист принесет больше вреда, чем пользы, создав нечто вроде ЕГЭ. Это не означает, что на своем месте он не мог бы быть весьма полезен (например, при оценке чисто инженерных или чисто финансовых систем, где человеческий фактор пренебрежимо мал). Но до такого уровня успешно развивала стандартная система фундаментального математического образования, базирующегося на математическом анализе, и трогать ее не стоит. Новое нужно выстраивать рядом со старым, а не ломая его. В игнорировании этого правила одна из фундаментальных ошибок наших «реформаторов» в области образования.

Все остальные методы дают в равной степени навыки работы как с численной, так и с качественной информацией, и поэтому *любой из них допустим в качестве базового при обучении по фундаментальной информатике*. По каждому из них весьма мало специалистов, владеющих данным методом в совершенстве, но имеются места, где они сконцентрированы. Поэтому в области фундаментальной информатики исключительно четко прослеживается порочность «методики» российской

стандартизации образования: с самого начала необходимо выбрать центральный курс в соответствии с сильными сторонами данного конкретного факультета. *Стандартизация даже базовой части оказывается недопустимой.*

Конечно же, это лишает министерство такого удобного и легкого способа «контроля за качеством знаний», как общероссийские министерские тесты. Они завязаны на определенный набор курсов и сведений и могут не проверять как раз сильные стороны данного вуза. Остается лишь «необъективное» рассмотрение: экспертная оценка ведущими специалистами из других вузов.

Итак, исходя из перечисленных выше положений, видно, что центральной системой курсов для информатиков могут быть математические курсы алгебро-геометрического, алгебро-логического либо тополого-алгебраического направлений. Еще одной альтернативой является превращение логики в междисциплинарный цикл курсов, который связывает воедино математику, информатику и гуманитарное знание. В глубине души я уверен, что это лучший вариант, но число специалистов, которые могут квалифицированно провести его в жизнь, пожалуй, наименьшее, а при плохой реализации он немедленно становится плохим.

В любом из вариантов алгебраический цикл занимает не ниже второго места среди фундаментальных дисциплин по важности и должен быть таковым и по объему. Но алгебра должна быть здесь прежде всего настоящей алгеброй алгебраических систем и категорий, а не традиционным изложением матриц и линейных уравнений.

Анализ везде занимает почетное третье место, полностью расставшись со своей гегемонией. Курс дифференциальных уравнений уже одним своим названием вызывает недоумение у студентов, несколько освоивших методы информационного анализа: почему это один из возможных конкретных инструментов изучается как единственный? Вместо него необходим курс численных методов описания и анализа систем.

Геометрия с топологией может быть и первой, и второй, и четвертой по приоритетам. Логика только первой либо четвертой. Но первой она может быть в двух совершенно различных формах: как самостоятельная наука либо как математическая логика с уклоном в алгебру.

Курсы дискретной математики и алгоритмики не могут пока что занимать ведущего положения в фундаментальном цикле, поскольку здесь еще нет развитой системы знаний. Но они совершенно необходимы в его составе.

Конечно же, основная часть фундаментального цикла должна приходиться на первые два года обучения. Но необходимо следить, чтобы

до конца обучения в каждом семестре был бы серьезный фундаментальный курс. Пока привычка к фундаментальности не станет второй натурой, ее необходимо активно поддерживать.

Подведем итог главных компетенций в области фундаментального знания.

1. Овладение математическим методом на базе фундаментального изучения одной из современных высокоуровневых математических (алгебра, топология) либо глубоко математизированных (логика) дисциплин.
2. Овладение общей картиной математических методов на базе достаточно серьезного владения всеми необходимыми для информатики областями математики: логика, алгебра, геометрия и топология, численные модели и анализ, дискретная математика и алгоритмика.
3. Понимание взаимосвязей абстрактного знания с конкретными задачами информатики.

4. Информатические компетенции и возможные методы их достижения

Как видно, информатические компетенции не являются главными при подготовке информатиков. Слишком легко в них сбиться на изучение конкретного инструмента, который этого изучения не заслуживает: его надо лишь освоить, использовать и быть готовым в любой момент отбросить. А о системе знаний здесь говорить пока что просто смешно. Система, вырабатываемая фундаментальным образованием, может помочь разобраться в этой бессистемности, но не наоборот.

Сразу же сделаем одно замечание о совершенно алогичной тенденции, просматривающейся в нынешних «примерных учебных планах». Все больше растет доля лекций и уменьшается доля практических занятий. А курс по информатике, в котором лекций больше, чем практики, особо вреден.

Чтобы сразу же избежать недостатков одностороннего подхода, абсолютизирующего одну из технологий программирования, необходимо воспользоваться лучшим американским опытом и на первом курсе вести одновременно два курса программирования: традиционное и нетрадиционное. Еще три года назад, когда практически все информатики, поступающие на первый курс, умели хотя бы что-нибудь и хотя бы «на коленке» программировать, я был уверен, что оба курса нужно начинать в первом семестре. Сейчас 90% поступающих не писали ни одной программы по своей воле, они два последних года изо всех сил натаскивались на ответы по тестам ЕГЭ, а не учились. Поэтому целесообразно в первом семестре иметь один базовый курс профессиональной работы на компьютере. Этот курс, включающий работу в командной строке

(вплоть до отучения студентов от привычки безоглядно тыкать мышкой и приучения к написанию на клавиатуре); простейшее программирование, включая написание командных и управляющих скриптов в несложных случаях; навыки работы в нескольких программах одновременно; навыки работы в системе Linux либо в системе Windows для встречающихся отъявленных линуксоидов; основы администрирования системы, в частности, навыки работы с недоотлаженными системами и описания ошибок; умение пользоваться документацией и форумами для получения необходимой информации. Параллельно должен быть общий курс введения в информатику, знакомящий студентов со всем разнообразием имеющихся средств.

Поскольку, как я неоднократно отмечал, студент, начавший на 1 курсе изучать новейшие системы, выходит с 6, зная морально устаревшие, на 1 курсе нужно выбирать наиболее концептуально чистые системы, а не наиболее модные, так называемые практические.. Поэтому, например, Паскаль лучше .Net, Java лучше C++, Рефал лучше, чем Perl, Lisp лучше, чем Ruby. Но, если предстоит выбор между большей концептуальной чистотой и наличием преподавателя, искренне любящего (ни в коем случае не до монополизации) некоторый хороший инструмент типа C++, Delphi, Haskell, Perl, Ruby, нужно выбирать человека, а не принцип. Поэтому записывать хоть одно название хотя бы и очень широко распространенной программной системы в «стандартах» просто недопустимо. Допустимо там уточнять: система структурного программирования, система автоматного программирования, сентенциальный либо функциональный язык. В конкретной программе конкретного факультета это должно конкретизироваться.

На следующих курсах необходимо подробно и глубоко рассмотреть одну из важнейших концепций информатики. Здесь допустимы в качестве решений объектно-ориентированный анализ и дизайн, системы поддержки решений (СПР), системы автоматизации проектирования (САПР), машинная графика, базы данных и так далее. Ни в коем случае нельзя требовать «всестороннего охвата». 75% времени и сил должно быть уделено направлению решающего прорыва, остаток поделен между ознакомлением еще с парой направлений. Специалист, фундаментально образованный и глубоко понявший одну из концепций, быстро разберется и в другой, которая ему понадобится в работе.

Курсы по такому направлению может вести и преподаватель, и специалист-практик, еще лучше, если по главному направлению часть курсов ведут профессиональные преподаватели, а часть — практики.

В завершение образования необходимо дать аналитику то, что противопоказано для долгоживущего кодера: подробно и профессионально разобраться в одной-двух практических «тяжелых системах». Курс по

таким практическим системам должен вести способный к преподаванию практик с реального производства. Под реальным здесь не обязательно понимается «материальное». Такой курс позволяет студентам почувствовать на своей шкуре сложности, возникающие при реальной работе с большой системой.

Практики должны вести и два курса по технологии программирования. Чтобы обеспечить студентам свободу осознанного выбора, один курс должен быть посвящен индустриальному программированию в среде фирменного софта, а второй — экстремальному в среде и в сообществе открытого софта.

Таким образом, можно подвести итог о главных информатических компетенциях.

1. Умение работать с компьютером на высокопрофессиональном уровне, разными способами и в разных средах. Базовые умения администрирования систем. Навыки активного поиска и получения информации в электронном пространстве.
2. Овладение всеми основными стилями программирования и осознание их взаимосвязей, их достоинств и недостатков.
3. Овладение одной из фундаментальных прикладных концепций современной информатики на уровне глубокого ее знания и знакомство с парой других.
4. Овладение на уровне технологии и серьезных проектов методами создания индустриального проприетарного и экстремального открытого софта.
5. Профессиональное владение 1-2 большими программно-аппаратными либо программно-организационными системами.

5. Общеобразовательные компетенции и возможные методы их достижения

Для аналитика, менеджера и руководителя проекта общее образование не менее (а то и более) важно, чем специальное. Достичь общего образования прямыми методами столь же абсурдно, как достигать прямым натиском любой сложной и хрупкой цели: заставить дурака Богу молиться... Поэтому необходимо и в фундаментальных, и в профессиональных курсах связывать конкретные навыки с общими методами и общими проблемами. Данное положение еще раз подтверждает абсурдность для данной специальности концепции «замкнутых в себе» курсов. Ни одно конкретное знание здесь не имеет цены, если оно не связано с общей системой.

Первый критерий для общеобразовательных курсов: глубина и концептуальная ценность для данной специальности. В данном отношении бесцветный «всеохватывающий» курс основ современного естествозна-

ния, навязываемый нынешними стандартами, пожалуй, уникально плохое решение. Намного полезней глубокий курс по одной из конкретных естественных наук. Лучше здесь подходят химия, биология и астрономия, где рассматриваются сложные структуры и их поведение. Хуже подходят физика и механика, создающие иллюзию объективности и оцифрованности всех наших научных убеждений.

Если взять гуманитарные курсы, то поверхностный и явно конъюнктурный курс отечественной истории для специалистов данной специальности приводит к результатам, совершенно плачевным для его инициаторов: люди, привыкшие уже анализировать информацию, видят натяжки и передергивания и просто проникаются цинизмом. Серьезный курс исторического анализа был бы, напротив, весьма полезен. И все равно, на материале чего был бы он построен (в качестве основы может быть взята, например, греческая либо римская античность, история Китая, Великая французская революция и наполеоновская эпоха, гитлеровская Германия и вторая мировая война, концепция пассионарности по Л. Н. Гумилеву и этноэволюция), лишь бы он был глубоким.

Необходимым и правильным шагом было ввести курс родного языка. Я бы объединил оба курса: родного и иностранного языка. Ведь для информатика задача перевода с английского вообще поставлена неправильно: он должен *понимать*, а не переводить. Специалист должен уметь излагать свои мысли и понимать текст других.

Положение с курсом философии плачевно в двух отношениях. Во-первых, философы МГУ были просто шокированы, когда я предъявил им факты, что курс философии, который они представляли в качестве именно примерного и который они комментировали как допускающий ПОЛНУЮ замену, проверяющими от министерства превращен в «священную корову», где отступление от централизованной программы карается немедленно, в отличие от курсов специальности, где «вольности», скрипя зубами, все-таки терпят. Во-вторых, низкое качество преподавания философии во многих университетах. У наших информатиков один уникум ухитрился начать курс философии со следующего пассажа:

«Докажем, что мир существует. Философия есть философия. «Философия» встречается два раза, сокращаем ее. Остается «есть», что и значит существует».

Можно понять отношение студентов к этому преподавателю и к его курсу, а отсюда и к философии в целом.

Но при хорошем преподавании и разумной программе, философия могла бы быть одним из чуть ли не центральных курсов. Ведь у Платона можно научиться анализировать понятия и ставить наводящие вопросы; у Спинозы ощутить возможности и ограничения рационалистического

анализа высших Идей; у Канта обучиться пониманию трудных, но глубоких текстов; у Ницше научиться видеть за блестящей формой весьма неровное содержание. Что безусловно вредно аналитикам, поскольку вызывает идиосинкразию ко всякой философии — безответственная болтовня типа постмодернизма.

Другими прекрасно сочетающимися с общей идеей гуманитарными курсами могли бы быть лингвистика либо когнитивная наука, при условии, опять-таки, наличия хороших специалистов.

При том же самом условии мог бы быть полезен и курс инженерного мышления, например, тот же ТРИЗ.

И, наконец, совершенно необходим среди общеобразовательных такой курс, в котором тренируется умение анализировать разнородную информацию формальными и неформальными методами, решать неожиданные задачи из самых разных областей. Такой курс мы называем «Системный и логический анализ» либо «Инфософия».

В заключение замечу, что у нас в России в большинстве случаев целесообразно у информатиков учиться работать с негативным мышлением, поскольку виртуозное владение им делает наших информатиков весьма ценными критически мыслящими специалистами, всегда готовыми обернуть ошибку в решение, найти демона, прячущегося за внешне привлекательным решением, и превратить недостатки в достоинства. А русские (в обобщенном смысле, включая всех представителей русской цивилизации) естественно приспособлены к такому роду мышления.

Подводя итог пятого раздела, можно выделить следующие основные общеобразовательные компетенции.

1. Понимание естественнонаучного метода на базе достаточно глубокого владения одной из естественнонаучных дисциплин в контексте ее связи с информатикой.
2. Умение понимать сложные тексты и речь. Умение излагать свои мысли на естественном языке. Все это должно быть освоено как на своем, так и как минимум еще на одном языке (обязательно включая в число известных специалисту языков мировой *lingua franca*).
3. Понимание особенностей гуманитарных дисциплин на базе глубокого овладения одной из таких дисциплин в контексте ее взаимосвязей с информатикой.
4. Умение анализировать разнородную информацию в условиях недостатка сведений, применяя как формальные, так и неформальные методы.