

**О системе компетенций для  
подготовки информатиков  
высокого уровня**

***Н. Н. Непейвода, профессор,***

**УдГУ, МФТИ**

**Доклад предназначен в первую очередь для тех, кто определяет содержание обучения и взаимодействие курсов на своем факультете или на своей специальности**

# Предпосылки

Более чем двадцатилетняя работа автора по своим программам и практически по своим учебным планам

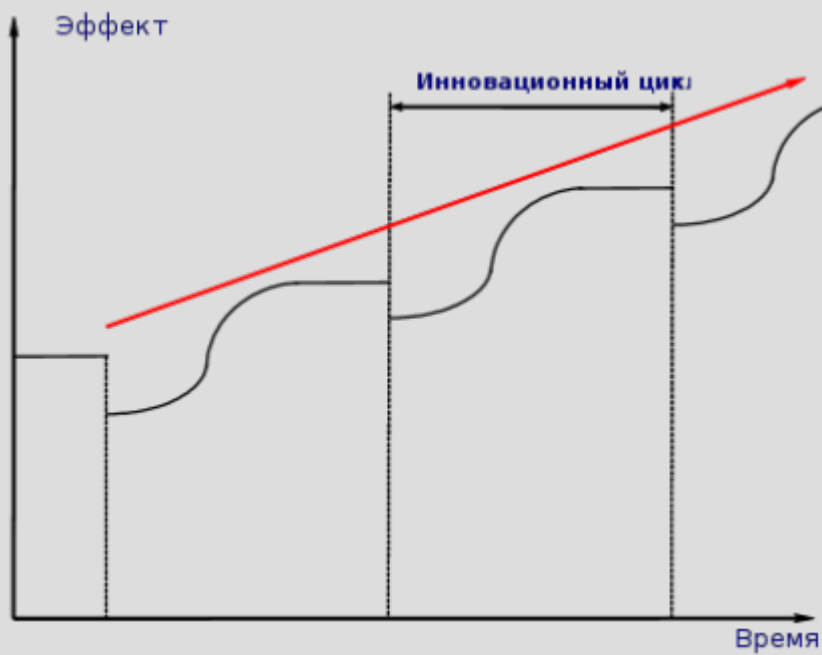
Опыт работы многих других российских школ подготовки информатиков (в частности, СПбГУ ИТМО, НГУ, ВМК МГУ, МФТИ).

Последние исследования ИПУ РАН (чл.-корр. Д. А. Новиков) по анализу ситуации с инновациями, «объективными оценками» и «честными конкурсами» (инновационный регресс и управляемая дезинформация).

# Пример инновационного регресса

Постоянные «инновации» в  
области, где результат  
сказывается более чем через 8  
лет, а оценить можно через 20,  
приводят к регрессу.

# ИННОВАЦИИ И ИНЕРЦИЯ



*Инновационный прогресс*



*Инновационный регресс*

# Вывод

1. Необходимо открыто признать, что "реформы" развалили образование и взять курс на его восстановление.
2. Законодательно запретить реформы в образовании чаще, чем раз в 30 лет.

# Достигнутые результаты

1. Высочайшая востребованность и успешность как раз не тех, кто готовился по стандартам.
2. Отсутствие у таких студентов недоуменных вопросов: а зачем это? И уменьшение запоздалых сожалений: Нас же этому учили, а я, дурак, не обращал внимания.

# Цель разработки

*Метасистема* для порождения планов подготовки информатиков в соответствии с конкретными условиями конкретных факультетов, базирующаяся на общих принципах высшего порядка и ориентированная на максимальное использование сильнейших кадров, а также лучших российских и местных традиций.



# Что такое фундаментальность

Фундаментальность образования означает *уровень развития специалиста, на котором он может в течение всего периода активной деятельности воспринимать и обрабатывать знание, не данное ему в период обучения.*

# Как ее достичь

Фундаментальность подразумевает устойчивость и прочность.

Основа фундаментального образования - сформировавшаяся, устоявшаяся и проверенная *система знаний*.

Лишь овладев какой-либо системой знаний, специалист может достичь достаточно высокого уровня знаний и умений. Двумя же системами знаний владеют лишь одиночки.

Следовательно, достигать фундаментальности можно и нужно разными способами.

## Образование с точки зрения системы уровней знаний и умений

Уровни устойчивых знаний образуют тонкие  
сферы, разделенные большими  
пространствами полужнания и воинствующего  
невежества.

(кн. Белосельский-Белозерский, 1794, поддержано И.  
Кантом, возвращено из забвения А. Гулыга (1981)).

В пространствах полужнания великолепно  
уживаются абсолютизация относительных  
результатов и навязывание их как  
абсолютных истин с полным невежеством  
относительно соседних областей либо других

# Уровни знаний и умений

Уровни знаний и умений классифицируются по логической сложности понятий, используемых на этих уровнях.

Формально они выстраиваются в иерархию:

1. Автоматизм
2. Условные рефлексy (здравый смысл)
3. Планы (тактика).
4. Комбинации (разветвленные планы)
5. Преобразования планов (стратегия)
6. Метод
7. Многоуровневое мышление
8. Дао

# Неиерархичность(1)

Нельзя считать одни из уровней лучше других, поскольку на каждом уровне есть свои уникальные и ценные достоинства.

Эти достоинства неразрывно связаны и с соответствующими им недостатками.

## Неиерархичность(2)

Человек, устойчиво стоящий на своем уровне, является духовно и умственно здоровой личностью, отлично владеющей инструментарием и порою достигающей виртуозности. Он работает и думает красиво и

# Обучение на одном уровне

Возможно непрерывное  
обучение

Порою целесообразно доводить  
умения до навыков

# Переходы между уровнями

Требуют перестройки сознания.  
Непрерывный переход с одного  
уровня на другой аналогичен  
попытке пересечь пропасть пешком  
по воздуху.



# Опасности перехода

Сильные стороны предыдущего уровня зачастую становятся слабыми местами следующего, а недостатки предыдущего — преимуществами следующего. Навыки предыдущего могут помешать на следующем

## Основной вывод

Чуть недоученный намного  
лучше чуть переученного  
(И. Кант, рецензия на книгу  
князя Белосельского-  
Белозерского)

# Несоответствие уровней

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.

# Экскурсии

Экскурсии на более высокий уровень полезны, чтобы хотя бы одним глазом посмотреть, что же там творится. Временные отступления на более низкий уровень полезны с целью отдохнуть и собраться с силами.

# Численность на уровнях

Каждый следующий уровень,  
начиная с тактики, доступен  
примерно на порядок меньшему  
количеству людей

Поэтому терять людей высоких  
уровней — непозволительная  
близорукость

## Численность на уровнях (2)

Каждый следующий уровень,  
начиная с тактики, доступен  
примерно на порядок меньшему  
количеству людей

Поэтому терять людей низких  
уровней — непозволительное  
расточительство

# Чего удалось добиться в УдГУ

Практически все выдержавшие обучение находят место в соответствии со своим уровнем знаний и умений.

90% ижевских информатических фирм возглавляются нашими выпускниками

Не выдержавшие, переводясь на другие факультеты становятся

## Общее замечание

Некритически воспринимаемая триада «знания-умения-навыки» и лозунг «учить учиться» в данной области не подходят. Умения, доведенные до навыков, заостеневают.



# Предложения

На базе анализа опыта творческого обучения информатике в ведущих университетах России предлагается общая система курсов и компетенций по всем трем разделам:

- фундаментальные,
- прикладные,
- общеобразовательные.

# Главная компетенция информатика

*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*

**Способ достижения**

**Фундаментальное  
образование**

# Условие

Необходимо связывать  
конкретные навыки с общими  
методами и общими  
проблемами.

Ни одно конкретное знание не  
имеет цены, если оно не связано  
с общей системой.

## Не «учить учиться»

Нужно научить работать с любой непредсказуемой областью, а не бесконечно изучать ее.

Нужно знать, когда стоит учиться, а когда осознанно использовать свое незнание.

# Цель фундаментального образования

*Выработка специалистом системы знаний и умений, соответствующей его естественному уровню*

## Следствие

Конкретная область приложений  
во время обучения играет  
второстепенную роль, лишь бы  
она была достаточно  
интересной.

## Новые акценты

На место «навыка» ставится «система». На место изучения — освоение и использование. Такая радикальная перестановка акцентов делает необходимым полную перестройку приоритетов в фундаментальных курсах.



## Новые акценты (2)

Фундаментальный курс должен  
строиться, исходя из  
потребностей  
междисциплинарных связей. А  
не из приоритетов данной науки

# Теория

Теория должна немедленно  
связываться с практикой, но ни в  
каком случае не поклоняться и не  
подчиняться ей.

## Теория (2)

ИТ столь высокоуровневая по существу область, что любая естественная абстрактная концепция может быть связана либо с практикой, либо с перспективами ее развития.

# Шесть фундаментальных методов

1) численные динамические системы. (многие университеты; прекрасно справляются математики и механики, им и нужно оставить).

# Шесть фундаментальных методов

2. топологический подход к  
динамическим системам  
(университет: ???).

# Шесть фундаментальных методов

3) геометрически-  
топологические методы  
(СПБГУ ИТМО?)

3)

# Шесть фундаментальных методов

4) логико-алгебраический  
подход к системам. (НГУ)

# Шесть фундаментальных методов

5) метод алгебраических  
систем и теории категорий.  
(Липецк)



# Шесть фундаментальных методов

6) метод конструктивной  
математики. (УдГУ)

## Какие из них взять?

Методы 2-6 в равной степени дают навыки работы как с численной, так и с качественной информацией, и поэтому *любой из них допустим в качестве базового при обучении по фундаментальной информатике.*

# Основная проблема

По каждому из этих методов  
весьма мало специалистов,  
владеющих данным методом  
в совершенстве, но имеются  
места, где они  
сконцентрированы.

## Следствие

С самого начала необходимо выбрать центральный курс в соответствии с сильными сторонами данного конкретного факультета.

*Стандартизация даже базовой части университетского образования оказывается недопустимой.*

## Следствие 2

Единственный метод проверки  
качества образования -  
экспертная оценка ведущими  
специалистами из других  
вузов и исследование  
отдаленных результатов

Центр системы  
фундаментальных курсов  
математические курсы алгебро-  
геометрического, **либо** алгебро-  
логического **либо** тополого-  
алгебраического направлений.

+

Дискретная математика и  
алгоритмика  
Логика

# Центр системы фундаментальных курсов (2)

Логика как междисциплинарный курс

+

математические курсы алгебры,  
геометрии и топологии, анализа

+

Дискретная математика и  
алгоритмика

# Алгебра

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 настоящей алгеброй алгебраических систем и категорий.



# Анализ

Анализ везде занимает почетное  
третье место

Здесь допустима министерская  
контрольная, но результаты выше  
50% должны оцениваться единой  
оценкой «зачтено», поскольку курс  
не главный

# Геометрия и логика

Геометрия с топологией может быть и первой, и второй, и четвертой по приоритетам. Логика только первой либо последней.

# Дискретка и алгоритмика

Должна быть везде, но не может  
стать главной, потому что пока  
что не дает системы знаний и  
общего метода

Как только покажет способность  
его давать — сможет занимать и  
первое место

# Распределение по годам

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.

# Пример: алгебра

Алгебра — абстрактная наука, исключительно тесно связанная с проблемой систематизации прикладных знаний. В самом деле, изоморфизмы — это различные представления данных, гомоморфизмы — приближенное представление одних структур данных другими.

## Пример: алгебра (2)

Таким образом, багаж алгебраических структур является решающим фактором для хорошей работы с нетривиальными представлениями данных.

## Пример: алгебра (3)

Такая взаимосвязь даже не упоминается, а тем более не закрепляется в стандартных курсах алгебры и в ее примерных программах, спущенных Москвой.

# Алгебра - взаимосвязи

1. Алгебраические выражения и структуры данных, вплоть до правил переписывания.
2. Полугруппы и их взаимосвязь с автоматным программированием.
3. Изоморфизмы структур.



# Алгебра — взаимосвязи (2)

4. Симметрия как алгебраическое понятие и ее бесчисленные взаимосвязи.

5. Алгебраические числа, базисы Гребнера и компьютерные символьные преобразования.

И так далее...

# Следствие

Поскольку на все времени не хватает, мы привели к абсурду и саму идею ЕГЭ для вузов

# **Основные фундаментальные компетенции**

# Ф1

Овладение математическим методом на базе фундаментального изучения одной из современных высокоуровневых математических (алгебра, топология) либо глубоко математизированных (логика) дисциплин.

## Ф2

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.

ФЗ

Понимание взаимосвязей  
абстрактного знания с  
конкретными задачами  
информатики

**Информатические  
компетенции и возможные  
методы их достижения**

Информатические  
компетенции не являются  
главными при подготовке  
информатиков.

# Обоснование

Слишком легко в них сбиться на изучение конкретного инструмента, который 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



# Недопустимая тенденция

Все больше растет доля лекций  
и уменьшается доля  
практических занятий.

А курс по информатике, в  
котором лекций больше, чем  
практики, особо вреден.

# Лучший американский опыт

На первом курсе вести  
одновременно два курса  
программирования:  
традиционное и  
нетрадиционное.

# Предварительный курс

Практический курс работы в  
компьютерных обучающих системах,  
используемых в дальнейшем  
обучении

Необходим из-за стремительного  
понижения уровня выпускников школ:  
натаскивание на ЕГЭ вместо учебы

# Курс программирования

Использовать наиболее  
концептуально чистые (например,  
Рефал, а не Perl).

Но если есть  
высококвалифицированный  
специалист, который любит какую-то  
систему, то именно эту систему!

# Следствие

Записывать хоть одно название хотя бы и очень широко распространенной программной системы в «стандартах» просто недопустимо. Допустимые уточнения: система структурного программирования, система автоматного программирования, сентенциальный либо функциональный язык.

# Следующие курсы

Подробно и глубоко рассмотреть **одну**  
**из** важнейших концепций информатики:  
объектно-ориентированный анализ и  
дизайн,  
системы поддержки решений (СПР),  
САПР,  
машинная графика,  
базы данных

Список не исчерпывающий

# Стратегия «косой атаки»

Ни в коем случае нельзя требовать  
«всестороннего охвата».

75% времени и сил должно быть  
уделено направлению решающего  
прорыва,

Остаток поделен между еще парой  
направлений.

# Обоснование

Специалист, фундаментально образованный и глубоко понявший одну из концепций, быстро разберется и в другой, которая ему понадобится в работе.



## Завершение образования

Подробно и профессионально, на практике и на реальных задачах разобратся в одной-двух практических «тяжелых системах».

Курс по таким практическим системам должен вести способный к преподаванию практик с реального производства.

# **Информатические компетенции**

# И1

Умение работать с компьютером  
на высокопрофессиональном  
уровне, различными способами и в  
разных средах.

Базовые умения  
администрирования систем.

Навыки активного поиска и  
получения информации в

## И2

Овладение всеми основными  
стилями программирования  
Осознание их взаимосвязей,  
их достоинств и недостатков

ИЗ

Овладение одной из  
фундаментальных прикладных  
концепций современной  
информатики на уровне  
глубокого ее знания  
Знакомство с парой других.

# И4

Овладение на уровне технологии  
и серьезных проектов методами  
создания  
индустриального проприетарного  
и  
экстремального открытого софта

**И5**

**Профессиональное владение  
1-2 большими программно-  
аппаратными либо  
программно-  
организационными системами**

# Общеобразовательные

## дисциплины

Для аналитика, менеджера и руководителя проекта общее образование не менее важно, чем специальное.

Достичь общего образования прямыми методами столь же абсурдно, как достигать прямым натиском любой сложной и хрупкой цепи



# Какие курсы брать?

Основной критерий для  
общеобразовательных курсов:  
глубина и концептуальная  
ценность для данной  
специальности.

**Уникально плохое решение**

**Бесцветный и поверхностный  
курс  
«Концепции современного  
естествознания»**

# Что естественное нужно?

Глубокий курс одной из естественных наук, обязательно в контексте связи с задачами информатики.

Лучше всего подходят: химия, биология, астрономия

Хуже всего: физика и механика

Главное: наличие хорошего

# Отечественная история

Поверхностный и явно конъюнктурный курс отечественной истории для данной специальности приводит к результатам, плачевным для его инициаторов: люди, привыкшие анализировать информацию, видят натяжки и передергивания и просто проникаются цинизмом.

**Вместо этого**

**Серьезный курс исторического  
анализа, посвященный одной  
из критических эпох**

# Курс естественного языка

Необходим

Для данной специальности  
нужен общий курс умения  
изъясняться и понимать на  
русском языке и на *lingua franco*.

# Итоговый курс

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».

# **Общеобразовательные компетенции**



# 01

Понимание естественнонаучного  
метода на базе достаточно  
глубокого владения одной из  
естественнонаучных дисциплин в  
контексте ее связи с информатикой

## 02

Умение понимать сложные тексты и речь. Умение излагать свои мысли на естественном языке.

Все это должно быть освоено как на русском, так и как минимум еще на одном языке (обязательно включая в число известных специалисту языков мировой *lingua franco*).

# ОЗ

Понимание особенностей гуманитарных дисциплин на базе глубокого овладения одной из таких дисциплин в контексте ее взаимосвязей с информатикой

## О4

Умение анализировать  
разнородную информацию в  
условиях недостатка  
сведений, применяя как  
формальные, так и  
неформальные методы

# Контакты

426000 Ижевск  
Университетская 1  
УдГУ  
nnn@udsu.ru