

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Инженерно-строительный факультет

[www.stroikafedra.spb.ru](http://www.stroikafedra.spb.ru)

Ватин Николай Иванович  
Булатов Георгий Яковлевич  
Кишиневская Евгения Викторовна

**Фундаментальность и политехничность образования на  
примере специальности ПГС**

Санкт-Петербург

2007 год

# Фундаментальность и политехничность образования на примере специальности ПГС

Должна ли быть высшая школа консервативной? Полагаем, нет. Высшая школа не должна быть консервативной, высшая школа должна находиться на передовых рубежах развития науки и техники.

Когда же говорят о желательном консерватизме высшей школы, то обычно имеют в виду фундаментальность образования. А это разные вещи. Высшая школа должна быть фундаментальной, и инженерно-строительный факультет провел большую работу в этом направлении. Покажем это на примере кафедры [«Технология, организация и экономика строительства»](#) ГОУ СПбГПУ, выпускающей по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

## 1. Фундаментальность

### 1.1. Что такое фундаментальность

Мы часто слышим слово «фундаментальность» применительно к высшему образованию. Что же оно означает? Понятие «фундаментальный» определяют как «большой и прочный, основательный, глубокий, основной, главный».

Не умаляя значения практической составляющей и учета потребностей реальной экономики в процессе подготовки специалиста, фундаментальность это традиционно сильная сторона отечественного университетского образования. Образование в идеале должно иметь возможность отвечать на запросы общества и индустрии на 15-20 лет вперед. Прочная фундаментальная составляющая позволяет выпускнику в любой узкоспециализированной области работать большой эффективностью, поскольку он «готов к решению задач, а не к использованию известных фактов». Глубина преподавания специальных дисциплин находится в прямой зависимости от глубины фундаментальной подготовки, которую получают студенты.

В Политехническом университете высокий уровень фундаментальной подготовки по базовым циклам дисциплин (ГСЭ, ЕНД, ОПД) сложившийся исторически. Всегда считалось, что Политехнический выпускает инженеров широкого профиля. Под этим понималось хорошая подготовка по математике, физике, механике. Сейчас к этому перечню добавляются информационные технологии.

Понятие фундаментальности конкретного знания меняется во времени. Приведем примеры. В первобытном строе добывание огня трением было фундаментальным навыком, от этого зависела жизнь племени. Трудно представить себе университетское образование 18 века без латыни. Пример из более близких времен – еще в 60-х годах инженер-механик должен был хорошо владеть слесарным инструментом: зубилом, напильником...

Призывы к фундаментальности и политехничности высшего образования (в разумных пределах) кажутся легко реализуемыми. Казалось бы, достаточно на младших курсах преподавать классические консервативные общие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественнонаучные и общепрофессиональные дисциплины. А на старших – дополнить их коктейлем из дисциплин основной и ряда смежных специальностей. В действительности все не так просто.

### 1.2. Пример инженерной графики и начертательной геометрии

#### 1.2.1. Что было

Фундаментальность, несомненно, достигается простым увеличением объема часов по некоторым дисциплинам. Так по специальности «Промышленное и гражданское строительство»: иностранный язык с 4 семестров нами был увеличен до 5 семестров, гидравлика – с 2 до 3 семестров.

Однако увеличение часов не единственный и не главный способ достижения фундаментальности. Более интересно показать это на примере дисциплин начертательная геометрия и инженерная графика, имеющих строительную специфику. Они относятся к

общепрофессиональным дисциплинам, изучаются с первого курса и закладывают фундамент специалиста-строителя.

Переход от ручной к компьютерной графике, который теперь представляется несомненным, кафедра ТОЭС сделала шесть лет назад. И эти годы преподавание «инженерной графики» велось на базе AutoCAD как базовой графической системы, а практика по «начертательной геометрии» - вручную. Навыки работы с параметрической 3D моделью здания (на примере использования [Allplan](#)) формировались только со второго-третьего курса.

Практика показала несовершенство такого подхода. Фундаментальность здесь оказалась замененной традиционностью подхода. Из года в год, и даже из десятилетия в десятилетия студенты рисовали чертежные шрифты и вентиль в разрезе. Кафедра ТОЭС заменила одно графическое изображение на другое (вентиль на двухэтажный домик), карандаш на компьютер. Где же здесь фундаментальность?

Практика проектирования за последние лет двадцать ушла далеко вперед. Если раньше модель проектируемого здания существовала в виде набора чертежей (бумажных или электронных, создаваемых средствами САПР), то теперь модель – это так называемая *информационная модель здания* (она же BIM, или система информационного моделирования). Модель содержит информацию о всех (а не только геометрических) характеристиках здания, включая материалы, виды работ и прочее. Модель обладает двумя важными свойствами – внутренним единством и параметричностью.

В старой технологии проектирования изменение чертежа (файла) с планом здания требовало последующего внесения изменения в разрез, в спецификацию, в ведомость объемов строймонтажа и т.д. При этом существовала возможность внутреннего противоречия между двумя чертежами (файлами). В BIM-технологии планы, разрезы, виды являются производными от единой трехмерной модели здания и не могут противоречить друг другу. Это и есть *внутреннее единство*.

*Параметричность* означает автоматическое и контролируемое изменение параметров модели при изменении отдельных свойств элемента здания. Параметры представляют собой наборы характеристик, определяющих поведение элемента модели и его взаимодействие с другими элементами. Поясним это на примере. Конструктор удлиняет в модели некую стену, содержащую конструктивное армирование. Если в параметрах конструктивного армирования были заданы стержни с фиксированным шагом, то автоматически происходит увеличение числа стержней. Если в параметрах было задано фиксированное количество стержней – возрастает расстояние между стержнями. Изменение геометрии стены и расстановки стержней автоматически находит отражение во всех чертежах, спецификациях, сметах и т.д.

### 1.2.2. Что стало

Итак, попытаемся сформулировать фундаментальность в инженерной графике. Это:

- представление здания, сооружения, конструкции единой трехмерной моделью, из которой при необходимости могут быть сформированы планы, разрезы, виды и другие чертежи, а также вся неграфическая проектная документация (сметы, календарные планы);
- параметричность модели здания, в которой при создании элемента модели зависимости между элементами модели задаются автоматически или пользователем, а при изменении одного элемента зависимости между элементами модели сохраняются, вызывая обновление других связанных с ним элементов.

Осознав, что является фундаментальным, кафедра ТОЭС внесла изменения в учебный процесс. Начиная с 2005 года, она перенесла освоение параметрического 3D моделирования на первый курс. Это позволило многократно использовать полученные знания в последующие годы обучения в вузе. Овладев этими фундаментальными знаниями и реализующими их навыками специалист на долгие годы вперед оказывается готов к применению новых технологических средств проектирования. Сегодня новое в строительном проектировании - это [Allplan](#) от Nemetschek AG, это Revit Building от Autodesk Inc. Но что бы новое ни появилось завтра, выпускник будет к этому подготовлен.

Не забыла кафедра ТОЭС и про начертательную геометрию. В старом подходе начертательная геометрия обслуживала задачи ручного выполнения чертежей. Классическая задача, через которую прошли многие поколения студентов, это ручное построение проекций линии пересечения шара с конусом. Теперь, когда все подобные задачи стали уделом узких специалистов-разработчиков программного обеспечения, у многих возникают сомнения в необходимости начертательной геометрии для строителей. Кафедра ТОЭС считает, что начертательная геометрия остается нужной.

В изложенном подходе начертательная геометрия решает следующие фундаментальные задачи:

- получение знаний об основных методах решения пространственных метрических и позиционных задач, и получение начальных навыков как ручного, так и автоматизированного решения этих задач;
- развития пространственного воображения, получение навыков отображения трёхмерных геометрических объектов и мысленного восприятия пространственного геометрического образа по его отображениям.

Реализуя изложенный подход к фундаментальности образования, коллектив старался построить обучение графике по принципу «от простого к сложному». Оказалось, что наиболее простое и наглядное для студентов - это проектирование на [Allplan](#) с помощью интеллектуальных 3D объектов (стен, дверей, окон) вместо 2D примитивов (линии, окружности). Наличие в [Allplan](#) окна анимации и возможностей быстрого рендеринга позволяет студентам эффективно строить все виды проекций, перспектив, теней, разрезов, видов, линий пересечения тел. Такой подход не требует изначального наличия пространственного воображения. Многократно, в десятки раз по сравнению с 2D графикой (ручной либо компьютерной) увеличивая число построений видов и разрезов, позволяет добиться формирования и быстрого развития пространственного воображения. Лишь после достижений этой учебной цели можно перейти к проектированию в примитивах (линии, окружности), к двумерному черчению.

Надо отметить, что современное высшее образование, несомненно, требует разработки новых стандартов образования (ГОС), обеспечивающих фундаментальность, политехничность образования и его практическую направленность. Но изложенный выше подход полностью вписывается в требования действующих ГОС к инженерной графике и начертательной геометрии.

Еще одним приемом фундаментализации образования является начало дисциплины «научно-исследовательская работа студентов» (НИРС) со второго семестра первого курса. Начиная с первого курса, на простейших примерах студенты осваивают моделирование как способ человеческого мышления. Работая совместно с преподавателями, научными сотрудниками, старшекурсниками они создают модели исследуемых объектов (математические, логические, физические) либо используют натурную модель. Студенты исследуют модели для выявления интересующих свойств изучаемого объекта, пытаются определить пределы адекватности модели.

Есть еще один аспект данного подхода к фундаментальности образования. Упор на фундаментальность позволяет привлекать в число абитуриентов выпускников физико-математических школ и лицеев. А для технического вуза это очень важная компонента студентов первого курса.

## **2. Политехническое образование – фундамент профессиональной подготовки.**

### **2.1. Что такое политехничность**

Термин «политехнический» трактуют как «относящийся к различным отраслям техники либо основанный на разностороннем знакомстве с техникой».

В современных условиях политехническое образования нужно рассматривать как процесс и результат усвоения систематизированных знаний, формирование умений и навыков, наиболее распространенных в различных сферах проектно-конструкторской, организационно-управленческой, производственно-технологической и научно-исследовательской деятельности. Как связаны политехничность и фундаментальность? Политехничность достигается путем многократного применения фундаментальных знаний при получении и для получения знаний специальных.

### **2.2. Примеры политехнизации**

Приведем пример. Факультет затратил много усилий на обновление такой фундаментальной дисциплины, как инженерная геодезия, обеспечив изучение лазерной тахеометрии, спутниковых систем и пр. Однако эти знания были бы потеряны, без их активного использования. Кафедра ТОЭС обеспечила востребованность этих знаний при построении цифровой модели местности в курсовой работе по технологии строительных процессов, при анализе деформаций в обследовании и испытании зданий и сооружений.

Применительно к первому курсу, продолжая рассмотрение примера с инженерной графикой, отметим следующее. В системах информационного моделирования присутствует информация о

видах строительных работ, связанных с элементом или фрагментом здания. Многие виды работ задаются по умолчанию при создании элемента. Так на элементы из монолитного железобетона по умолчанию заданы бетонные и арматурные работы. Проектировщик может дополнительно задать, например, штукатурные работы, связав их с площадью одной из поверхностей монолитного участка. Это позволяет по мере конструирования автоматически получать стоимостные характеристики объекта и по окончании проектирования формировать сметные задания для точного расчета сметы. В методическом плане введение студентом в модель здания информации о работах позволяет показать межпредметные связи графики с дисциплинами технологического и организационно-экономического цикла, то есть реализовать политехничность обучения. Одновременно это позволяет продемонстрировать фундаментальные принципы параметрического моделирования в нескольких сферах будущей профессиональной деятельности.

Учитывая особую значимость этих знаний и навыков для формирования специалиста, по инженерной графике в первом семестре выполняется курсовая работа. Работа включает себя раздел архитектурного проектирования, локальный сметный расчет и календарный план. Сметный расчет выполняется на программе Сметный калькулятор, а календарный план - на MS Project. Таким образом, к окончанию первого семестра студенты получают первые навыки работы с основным набором профессионального программного обеспечения (архитектурно-конструкторское, сметное, организационно-плановое, и, за счет информатики, организационно-офисное). Оформление работы по стилю и составу разделов приближено к проектной документации и предвещает последующее выполнение студентами комплексных проектов.

На последующих курсах данный подход к политехнизации заключается, прежде всего, в комплексном проектировании, т.е. выполнению курсовых проектов (работ), включающих в себя все разделы строительного проектирования. Такие проекты разработал и предложил еще Д.С.Щавелев, бывший заведующий кафедрой «Использование водной энергии».

Принято решение перейти к комплексному проекту, выполняемому каждый семестр. В комплексном проекте присутствуют все разделы строительного проекта (их около четырнадцати) в соответствии с требованиями нормативных документов по строительству.

На младших курсах большинство разделов имеют описательный характер и опираются на шаблоны, представленные в методических указаниях, подробно разрабатываются лишь некоторые. В дальнейшем комплексный проект повторяется с нарастающей сложностью. На втором курсе добавляются разделы «генплан», «инженерная подготовка территорий». По мере получения профессиональных знаний растет наполнение разделов и их взаимоувязка, отражающая межпредметные связи.

Характерным примером является разработка 3D модели здания в [Allplan](#), экспорт ее в [SCAD](#) для выполнения расчетов, передача результатов расчетов в Allplan для «интеллектуального армирования» и формирования рабочей документации. В [Alltop](#) при этом передаются объемы работ, выполняются сметные расчеты и анализируется стоимость строительства по мере принятия проектных решений.

Всего за время обучения в соответствии с рабочим учебным планом будет выполнено одиннадцать комплексных проектов, последний из которых - дипломный проект. Таким образом, в рамках комплексного проекта фундаментальные знания о параметрическом моделировании, полученные в инженерной графике и начертательной геометрии реализованы во всех разделах проектирования от архитектуры до сметы и календарного плана.

Комплексное проектирование методически обеспечивается материалами, доступными как из Интернет с сайтов фундаментальной библиотеки университета и кафедр.

Неоценимую помощь нам оказывают непосредственно разработчики (или их представители) программных продуктов [Allplan](#), [SCAD](#), [RealSteel](#), [Primavera](#), [Alltop](#), [Призма](#) и др. Нам бесплатно передаются лицензионные программы, учебная литература и методические материалы. Представители разработчиков постоянно интересуются ходом учебного процесса, выступают на факультетских семинарах, проводят мастер-классы, открытые лекции и т.п.

Другой путь взаимодействия с реальной экономикой – привлечение к работе на факультете научно-исследовательских и проектных коллективов, ведущих работу по строительной тематике. Форма привлечения различна, например включения их состав Центра коммерциализации и трансфера технологий ГОУ СПбГПУ «Технопарк в Лесном». Штат таких коллективов состоит из преподавателей, студентов и сотрудников факультета.

### **2.3. Технология строительных процессов**

В настоящее время назрела необходимость качественного изменения преподавания дисциплин технологического цикла. Это вызвано общеизвестными положениями, такими как нехватка времени для изложения обширной лавинообразно нарастающей информации по всем вопросам технологии и в то же время необходимость повышения уровня технологического образования современных инженеров и магистров.

Наибольшие успехи в решении указанной проблемы могут быть достигнуты следующими путями:

- 1) систематическим изложением основных общих закономерностей технологии;
- 2) повышением теоретического уровня изложения материала;
- 3) отысканием оптимальных параметров технологических процессов;
- 4) определением эксплуатационной производительности непосредственно из характеристик машин и условий технологии.

**Первый путь** позволит дать основные фундаментальные законы технологической науки, изложить ее широко и всесторонне. Это избавит от многочисленных неизбежных в настоящее время повторений и излишней детализации изложения.

Но это потребует существенного изменения и структуры курса, в основу которой должны быть положены наиболее существенные стороны предмета.

**Второй путь** придает изложению предельную точность, лаконичность, компактность. Следуя общим закономерностям развития всех отраслей знаний, строительное искусство в настоящее время также превращается в науку путем его широкой математизации, так как общеизвестно, что любая мысль наиболее точно и наиболее коротко может быть записана лишь с помощью математической формулы.

Здесь вспоминаются слова Леонардо да Винчи: «В каждой науке столько истины, сколько в ней математики» и выражение, часто цитируемое академиком А. Н. Крыловым: «Нет ничего более полезного для практики, чем хорошая теория».

**Третий путь** резко повысит прикладное практическое значение технологической науки. Он вооружит инженера умением искать и находить в каждом технологическом процессе именно те величины параметров, которые обеспечивают наибольшее значение получаемого положительного эффекта. Оптимизация же строительных процессов позволит вскрыть новые резервы повышения производительности труда в строительстве. И именно этому должен обучаться современный инженер. Он должен уметь поставить машину в такие условия, в которых она даст максимум того, что она может дать.

**Четвертый путь** позволяет существенно уточнить производительность машин и тем самым повысить экономичность строительных процессов. Существующие методики предусматривают применение ряда нормативных коэффициентов, которые недостаточно дифференцированно и точно отражают конкретные особенности, а главное – усовершенствования машин, а также многообразие условий их работы и обрабатываемых материалов. Всякий расчет и проект это по сути своей прогноз, а прогноз требует конкретного всестороннего системного подхода. И наиболее плодотворным путем здесь будет синтез теорий механики машин и механики материалов. И новые машины появляются быстрее, чем нормативные коэффициенты для них.

Структуру курса «Технологии» предлагается строить не по видам возводимых сооружений (или комплексов работ), а по основным технологическим процессам, базирующимся на том или ином физическом явлении, независимо от того, для какого сооружения и при каком материале этот процесс применяется.

Таким образом, в основу структуры курса предлагается положить не внешние признаки (тип сооружения, материал), а основные, присущие только изучаемой дисциплине, внутренние явления и закономерности. Например, общие закономерности процесса уплотнения можно с успехом рассматривать независимо от того, что уплотняется – песок, глина, бетонная смесь или порошки пластмасс или металлов, так как различия здесь только лишь количественные. В заключение можно будет давать лишь краткие замечания по особенностям того или иного конкретного строительного материала или возводимого сооружения.

На кафедре ТОЭС разработана новая обобщенная классификация технологий, которая позволяет бесконечное их число разделить всего на четыре класса так, что огромное множество технологий одного класса описывается едиными зависимостями, поскольку они обладают существенным родством (одной сутью и знаком) и отличаются лишь количественно, что позволяет сделать обобщение высокого уровня, значительно сжать необъятную доселе информацию и облегчить обучение технологическим наукам.

Этой же цели подчинены и положения, общие для всех классов технологий: закономерности и пути их развития, критерии выбора машин и траектории их движения, аналитические

представлений и расчеты, что открывает широкие возможности для дальнейшего творческого развития технологических наук и создания новых технологий и строительных машин.

Значительно развиты, обобщены и уточнены расчеты эксплуатационной производительности машин в технологиях разных классов и приведены пути ее повышения.

Уточнены расчетом и параметры многих технологий: усилия резания грунтов различными машинами, включая учет износа и крупности частиц; сопротивление корчеванию, условия буксования и проходимости машин и пр.

Выделены принципы возведения сооружений; отмечены неидеальности их исполнения и меры по обеспечению их надежности.

Применение модели «грунтовой массы» в технологии бетонов может оказаться весьма перспективным.

## **2.4. Научно-исследовательская работа студентов**

Учитывая опыт лучших вузов, например, физтеха, на кафедре ТОЭС ввели сквозную дисциплину НИРС, начиная уже с I-го курса. Это позволяет привить студентам понимание таких важных для университетского образования истин, как:

- а) все формулы и законы могут и должны быть уточнены;
- б) все технические решения и технологии могут быть усовершенствованы;
- в) любая техническая задача должна решаться как задача оптимизации; что не оптимизируется, то приводится к оптимизируемому виду;
- г) для генерации новых знаний необходимо лишь страстное желание;
- д) только инновационная деятельность – путь к действительному прогрессу, и выбранный кафедрой ТОЭС девиз: «Новые технологии – новые результаты» может оказаться достаточно плодотворным.

Студенты знакомятся с «Основами технического творчества», методами творческой работы, с базами данных, включая [www.fips.ru](http://www.fips.ru), выполняют обзоры уровня достижений по отдельной технической проблеме и принимают участие в разработке предполагаемых инновационных технологий, в их моделировании, в поиске оптимальных параметров, в технико-экономическом сравнении с лучшими существующими решениями. Важной составляющей инновационного процесса в современных условиях становится знакомство с правилами оформления прав на интеллектуальную собственность и с законами по её защите. НИРС завершается надлежащим текстовым и графическим оформлением.

Принцип раннего знакомства студентов с решением проблем повышенной сложности оправдывает себя и в нашем случае. Принятая система позволяет студентам почувствовать вкус к инженерно-техническому творчеству, а это может уже многое определить и в их будущей деятельности. Сейчас, когда страна выбирает инновационный путь развития, специалисты с указанными навыками творческой работы могут оказаться наиболее востребованными и компетентными.

С другой стороны, только творчество даёт человеку истинное наслаждение и счастье в жизни. Ещё Вольтер отмечал, что занятие изобретательством есть лучшее из человеческих дел. И здесь уместно будет вспомнить и слова великого сына России М.В.Ломоносова, что «может собственных планов и быстрых разумом Невтонов российская земля рождать».

## **3. Заключение**

И в заключении следует отметить. Вводимая двухуровневая система «бакалавр–магистр» может быть хорошо адаптирована к условиям обучения в классических университетах, ведущих подготовку специалистов в области гуманитарных или естественных наук.

Позиция же большинства технических университетов по этому вопросу такова: существующую систему подготовки инженеров надо сохранить, усилив при этом фундаментальность образования и создав условия, обеспечивающие мобильность студентов в процессе обучения. Так это будет или нет – покажет время. Но и переход на двухуровневую систему не ставит крест на фундаментальности строительного образования, в том числе и на фундаментальности образования бакалавров.

Например, вузовское образование «выше» среднего, но это не отменяет фундаментальный характер подготовки в российских школах, являющейся их сильной стороной еще с советских времен. Так и подготовка бакалавров может быть фундаментальной (на своем уровне). Вероятно, что при двухуровневой подготовке придется разделять общие дисциплины (ГСЭ, ЕНД, ОПД) на

бакалаврскую и магистерскую часть, разнося их во времени. Примеров такой организации образования в европейских вузах достаточно.