

УДК 378.14

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ¹

Серебрякова Наталья Григорьевна,

заведующая кафедрой моделирования и проектирования, кандидат педагогических наук, доцент, Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В статье предлагается авторский подход к проектированию системы инженерного образования. Представлена модель знания как отдалённого результата обучения, в котором главную роль играют формирование концептуально-понятийного каркаса дисциплины и использование инфосферы для взаимодействия со знаниями. Рассматриваются основные элементы концептуально-понятийного каркаса, принципы, подходы их формирования, а также существенные аспекты образовательных технологий и контроля результатов обучения как следствия новых подходов к инженерному образованию.

Ключевые слова: инженерное образование, образовательные технологии, концептуально-понятийный каркас, инносфера, учебный план, учебная дисциплина, контроль, компетенции.

Формирование концептуально-понятийного каркаса

Собственно технологии преподавания не являются предметом данного исследования. По существу, вся система предлагаемых новаций является технологически независимой, то есть поставленные задачи могут успешно решаться как с помощью существующих технологий, так и на основе специально разработанных форматов.

¹ Общие подходы автора к системе современного образования см.: Образовательные технологии, № 4, 2021. С. 35–47; Образовательные технологии, № 1, 2022. С. 52–63; Серебрякова Н.Г. Проектирование инженерного образования нового поколения / Н.Г. Серебрякова. М.: Народное образование, 2021. 184 с.



В соответствии с разработанной концепцией инженерного образования нового поколения в образовательном процессе появились новые задачи:

- 1) сформировать концептуально-понятийный каркас (КПК);
- 2) развить способность восстановления сведений по предмету;
- 3) привить навыки самостоятельного нахождения решений по предмету;
- 4) научить пользоваться регламентами и создавать их.

Данный список задач, относящийся непосредственно к обучению, надо дополнить задачей *осуществления контроля знаний и компетенций*, соответствующего новым требованиям.

Наиболее важной задачей здесь является формирование концептуально-понятийного каркаса. Это единственный элемент системы, который можно квалифицировать как собственно знания. Остальные составляющие системы скорее относятся к навыкам и умениям. Технология формирования концептуально-понятийного каркаса не должна быть жёстко регламентирована и может

иметь различные авторские решения. В то же время сформулируем основные принципы и подходы.

1. Структуру КПК следует декларировать непосредственно в начале изучения темы.

2. Предпочтительно визуализировать структуру КПК в виде типичной структурно-функциональной схемы.

3. В общем случае структура КПК включает следующие элементы:

- определение предмета (раздела);
- основные объекты предмета;
- основные понятия;
- величины и единицы измерения;
- законы, методы и другие структуры, которые можно отнести к сущностям;
- регламенты прямых вычислений и алгоритмы решения прямых задач;
- структура типовых задач (проблем) и регламенты решения.

В данном случае показана общая структура КПК. При решении конкретных задач она может не включать какие-то компоненты, либо разделы решения задач могут быть



▲ Рис. 1. Структура задач

вынесены в контентный раздел или раздел для самостоятельного решения. Указанное соотношение компонентов определяется степенью фундаментальности предмета и отведённым для его изучения количеством часов.

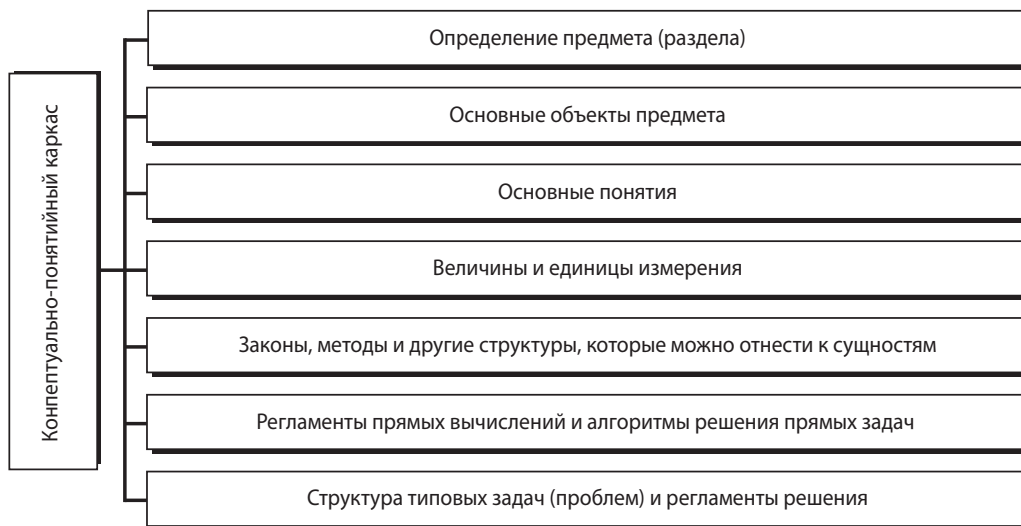
Например, если в некотором учебном плане специальности на предмет «Общая физика» отведён один семестр и 72 ч, КПК будет захватывать структуры верхнего уровня. При этом параллельно должна формироваться способность самостоятельного углубления знаний. Однако если для специальностей инженерно-физического характера учебный план отводит для общей физики пять семестров, создаваемые КПК будут относиться к разделам физики и будут более детализированы.

В общем случае КПК имеет древовидную фрактальную структуру,

которая имеет одинаковый принцип построения для дисциплины в целом и для любого подчинённого раздела. На верхнем уровне она включает название дисциплины, её определение и структуру входящих в общую дисциплину разделов с понятийными характеристиками. В то же время каждая составляющая на своём уровне имеет такую же структуру:

- название;
- определение;
- понятийная система подраздела.

В соответствии с учебным планом и в зависимости от специальности дисциплина может относиться к различным уровням общей структуры предмета. Например, физика — электромагнитные явления — электростатика. Соответственно, КПК дисциплины будут относиться к разным



▲ Рис. 2. Структура КПК



уровням фрактальной структуры предмета, но их построение будет повторять один и тот же структурный код.

Рассмотрим основные элементы КПК, принципы, подходы их формирования.

Название. Разумеется, название дисциплины мы менять не будем, поскольку оно уже определено учебным планом и учебной программой. Однако на практике такое желание может возникнуть, поэтому надо предположить возможность добавления к названию некоторого авторского подзаголовка, детализирующего или улучшающего его восприятие.

Определение предмета (раздела). Определение предмета требует критического исследования его словарных значений. Именно так, во множественном числе, поскольку весьма вероятно, что они найдутся в разных словарях, и именно исследования, поскольку эти определения могут оказаться не только различными, но и противоречащими друг другу. Исследование должно быть критическим, поскольку словарные значения могут оказаться не только противоречивыми, но и неудачными, а то и ошибочными. Таким образом, результатом исследования может быть три варианта:

1. Нашлось безупречное определение, оно и берётся за основу.

2. Из нескольких определений формируется некое гибридное.

3. Удовлетворительное определение не найдено, и тогда автор имеет право дать своё собственное.

Последний вариант может быть не таким уже редким и не настолько сложным, как может показаться. Авторское определение необязательно должно иметь вид выверенной формулы и может включать несколько предложений. Главное, чтобы в нём содержался перечень существенных признаков, ограничений и т.п.

Следующим шагом должен стать семантический анализ определения с выделением включённых элементов, обоснованием их необходимости и достаточности.

Если процедура поиска, формирования и исследования определения проводится непосредственно в процессе обучения, с участием студентов или хотя бы в их присутствии, можно рассчитывать на то, что определение будет понято и принято слушателями, что обеспечит его закрепление в области долговременной памяти.

В качестве иллюстрации возьмём один из основных предметов — физику. Так же как сделали бы студенты, наберём в поисковике запрос «физика это ...». По первым строчкам выдачи попадём в Википедию, а там обнаружим цитату и ссылку на Большую Советскую энциклопедию. В БСЭ читаем: «Физика — наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи, законы её движения».

Несложно заметить, что данное определение трудно назвать удовлетворительным. Прежде всего, плохо

просматривается система квалифицирующих признаков, и совершенно отсутствуют ограничения. При этом красота слога и понятность вовсе не выиграла. Начиная с того, что семантика словосочетания «наиболее общие закономерности» под сомнением. Закон Ома — это наиболее общая закономерность или как? А что имел в виду автор, подчёркивая, что закономерности простейшие? Надо было хотя бы указать, где искать чуть менее простейшие.

Получается, что в качестве основы КПК официальное определение никак не годится. Совершенно невероятно, чтобы оно осталось в памяти сколь-нибудь продолжительное время.

В предлагаемой нами философии ничего трагического не произошло. Преподаватель получил право констатировать непригодность имеющейся формы и должен сочинить нечто авторское. При этом он вооружён двумя принципами:

1) определение не обязано быть литературно безупречным и может состоять из нескольких частей, равно настолько, чтобы передать необходимые смыслы;

2) структура определения должна включать необходимые квалификационные признаки и ограничения.

Поставим себя на его место. Какие же признаки характеризуют физику, что в ней есть?

Давайте перечислять:

- явления природы; да, физика всегда хочет найти их причины;

- в физике недостаточно сказать, что нечто происходит, непременно надо искать механизм;

- в физике есть законы, она вообще в основном на законах построена;

- а ещё в физике есть способы вычисления каких-нибудь важных вещей, без этого физика не была бы сама собой.

Хорошо, а что за ограничения?

Они такие:

- да, физика занимается явлениями природы, но мы с вами (писатель и читатель) тоже явление природы, а нами физика явно не занимается, поэтому вводим ограничение: «...но, кроме писателей, читателей и вообще разумных существ»;

- теперь понятно, что ими и вообще феноменом жизни занимается биология, а не физика;

- наконец, превращение веществ, оно тоже относится к другой науке — химии.

Таким образом, преподаватель получит примерно такое **определение**. *Физика — наука о явлениях природы, в том числе их причинах и механизмах, о законах, а также способах вычисления. К физике не относятся явления разума, жизни и превращения веществ, но есть междисциплинарные науки — физическая химия и биофизика.*

Является ли это определение безупречным? Является ли оно полным?

Конечно, нет. Главное, что оно направлено на выявление сущностей, является авторским и при его



обсуждении в аудитории явно будет больше пользы, чем от чтения энциклопедии. А въедливый преподаватель скажет, что мы не все признаки перечислили, что мы забыли про решающую роль эксперимента в физических исследованиях, и т.д.

Основные объекты учебной дисциплины. Следующим шагом целесообразно кратко перечислить основные объекты и понятия, присутствующие в предмете, дать им соответствующее определение и описание. Например, в кинематике это будут: материальная точка, путь, траектория, перемещение, система отсчёта. Здесь тоже допустим критический подход и авторские формулировки.

Величины, единицы измерения. Встречающиеся в предмете величины и их единицы измерения также целесообразно собрать и классифицировать. Далее идут законы, методы и другие структуры, которые можно отнести к сущностям. Здесь сложно дать общие рекомендации, конкретное решение зависит от предмета и тематики, однако можно уверенно сказать, что основные усилия должны быть направлены на выявление структуры, сущностей и их взаимоотношений.

Регламенты. На этом уровне КПК должны быть собраны основные регламенты и алгоритмы решения задач, если предмет таковые предполагает.

И, наконец, насколько это возможно, должна использоваться **визуализация структур**, а совокуп-

ности объектов и признаков предпочтительно трансформировать в пунктуированные списки.

В технологическом смысле формирование устойчивого КПК с минимально возможной «скоростью полураспада» требует в целом известных подходов к элементам такого рода. В частности:

- качественная визуализация схематизация;
- обоснованная и минимизированная структура;
- необходимое количество повторения и закрепления;
- мотивация студента через связывание знания КПК с оценкой.

Указанные принципы вовсе не исключают применения специальных подходов и приёмов — мнемонические правила и др.

Другими словами, образ КПК должен проходить через все занятия по соответствующему разделу (например, с его повторения начинается каждое занятие).

Способность к восстановлению сведений

Способность к восстановлению сведений в целом состоит из двух составляющих:

- 1) собственно способности к извлечению данных из инфосферы вне отношения к предмету.
- 2) знаний или способности к изысканию специализированных информационных ресурсов.

Развитие данного навыка едва ли требует специальных технологий,

однако их нельзя исключать. На наш взгляд, здесь достаточно простая наработка практики, в результате чего будет сформирован навык. При приведении объёма цикла компьютерных дисциплин к рекомендуемым нормативам можно ожидать, что в них найдётся место специализированному преподаванию поиска и консолидации информации.

Способность к самостоятельному решению задач

Несомненно, данная способность играет для инженеров важнейшую роль, поскольку реальные задачи, с которыми он столкнётся в производственной деятельности, несомненно, будут «выпадать» за рамки полученных в процессе образования сведений. Соответственно, успешность производственной деятельности инженера (здесь следует упомянуть, что это и есть главный критерий качества подготовки специалиста) во многом, если не в основном, определяется способностью решения задач такого рода. Также можно заметить, что нет никаких предварительных данных о том, к какому классу задач будут относиться возникающие проблемы.

Таким образом, здесь должна идти речь уже не о КПК дисциплин, и даже не об их совокупности. По существу, следует говорить о некоторой глобальной компетенции, уровень которой выше, чем уровень отдельных дисциплин. Коротко её

можно назвать так: *«способность успешного решения непредвиденных задач произвольного характера»*. С некоторой степенью акцентирования данную способность можно назвать «глобальный предиктор»² образования.

Несложно заметить, что глобальный предиктор является надсистемной величиной, и не ясно, какими технологиями мы можем его формировать. И здесь становится понятным основной смысл подхода к проектированию образования нового поколения. Преподавание дисциплин в предложенной структуре, где ключевое место занимает формирование КПК и взаимодействие с инфосферой, будет автоматически способствовать созданию способности глобального структурного подхода к работе с произвольными проблемами.

Работа с регламентами

Технологически наработка данного навыка может сводиться к методичному использованию регламентного подхода в осуществлении

² **Глобальный предиктор** — это субъект глобальной политики, сценарист-планировщик ныне господствующего способа глобализации, а также социальных процессов по отношению к человечеству в целом. Другими словами — это каста жрецов, которая по средствам накопленных знаний управляет другими социальными группами, в угоду своим интересам. Жречество (ГП) определяет концепцию жизни, стратегию, как реагировать на те, или иные вызовы среды. <https://enciklopediya-tehniki.ru/kto-takoy-globalnyy-prediktor-gp.html>



разного рода операций. Например, в курсе статистического анализа студентам предлагается вычисление некоторой величины без предварительного объяснения, а исключительно на основе письменного регламента. И наоборот, отдельным упражнением может быть написание регламента каких-либо вычислительных процедур, измерительных методов и т.д.

В некотором смысле такого рода тренировку студенты проходят при выполнении контрольных работ по методическим указаниям. Однако типично крайне низкое качество самих указаний, созданных произвольным образом, не позволяющее получить при этом положительный результат.

В то же время модернизация методички в соответствии с принципами создания регламентов может быть для студентов прекрасной тренировочной базой.

Технологии контроля

Технология контроля в общем случае структурно будут повторять технологии преподавания, то есть теоретически контрольные операции должны касаться:

- качества и устойчивости КПК;
- способности установления сведений по предмету с использованием инфосферы;
- способности решения новых задач;
- навыков работы с регламентами.

В конкретных случаях данный объем контрольных операций может оказаться нецелесообразным или нереальным. В практическом смысле возможны обобщение и компоновка контрольных операций.

Конкретизация технологии контроля не входит в задачи настоящей статьи, тем не менее, можно указать несколько ключевых принципов:

- контроль качества КПК должен предполагать категорически декларируемый допустимый минимум, несоответствие которому означает автоматическую «несдачу»;

- учитывая концептуальные представления о характере инженерной деятельности, целесообразно контрольные операции принципиально проводить в присутствии доступа к инфосфере, в частности к Интернету.

В перспективе следовало бы предположить создание некоторой глобальной контрольной операции, характеризующей свойства специалиста в целом. Этот контроль должен производиться на значительном временном удалении от изучения предметов и определять главное инженерное свойство: способность решения произвольных задач. Едва ли данная операция может предполагать неудовлетворительную оценку, в то же время она может дать количественную характеристику отдельного экземпляра специалиста, которая может влиять на его рейтинг при трудоустройстве, начальный уровень заработной платы и т.д.

Организационные аспекты контроля

Всё, сказанное выше о контрольных операциях, касалось технологических аспектов и совершенно не рассматривало организационную проблематику контроля. В то же время существующая организационная практика контроля лежит в основе многих проблем университетского образования.

Перечислим факторы, которые негативно сказываются на образовательном процессе.

1. На первый курс приходят студенты, не имеющие достаточной общей подготовки для начала обучения в университете.

2. Преподаватель, читающий курс, одновременно производит и контроль, по существу, контроль качества собственного преподавания. Естественно, что данное обстоятельство неизбежно накладывает негативные связи и зависимости.

3. Вообще в процедуре контроля слишком много человеческого фактора. Оценка выполнения преподавателем содержит значительную долю субъективности, зачастую влияния личной симпатии и антипатии.

4. Результаты контроля являются объектом разного рода отчётности, не имеющей отношения к образовательному процессу. Плановые показатели успеваемости, внедрённые в СМК, ограничения на не удовлетворительные оценки и тому подоб-

ная практика автоматически исключает объективность результатов контроля.

5. Наконец, результат контроля, выполненного преподавателем, влияет на его же «благополучие».

Совершенно очевидно, что такая композиция административных подходов автоматически порождает большинство проблем, характерных для университетского образования.

Возникает вопрос: почему существует такая организационная система?

При самом внимательном исследовании можно убедиться, что для её существования нет вообще никаких оснований. Нет преимуществ, которые она порождает, нет лиц, в интересах которых она работает. Единственная рациональная версия состоит в том, что существующий организационный уклад явился продуктом спонтанной бюрократической активности институтов, занимающихся организацией управления.

Модернизация организационной системы контроля не должна встретить объективных препятствий, и сложности перехода будут минимальны. Организационная проблематика не является предметом настоящей работы, в то же время для решения поставленных здесь задач требуется рациональная организационная среда. Перечислим основные принципы направления модернизации.



1. Следует разделить поступление в университет и допуск к занятиям на первом курсе. Поступившие должны проходить процедуру контроля с целью определения их уровня подготовки и при недостаточном уровне направляться на подготовительный курс. Надо отметить, что такая практика существует во многих европейских университетах.

2. Следует исключить из практики отчётность по успеваемости и её нормирование. При необходимости статистику могут собирать некоторые службы по имеющимся цифровым данным.

3. Следует разделить преподавание и контроль. Преподаватель, читающий курс, не должен проводить окончательный контроль.

4. Следует отдавать предпочтение автоматизированным способам контроля, исключающим человеческий фактор.

5. Несданный экзамен должен расцениваться как нормальное явление и не должен нести за собой никаких дополнительных негативных последствий, кроме необходимости пересдачи, которая должна осуществляться, вероятно, на платной основе и без каких-либо ограничений.

6. Следует исключить из практики искусственно наложенные связи, в частности вопросы допуска к экзамену. Несданный зачёт по философии не должен быть причиной недопуска к экзамену по электротехнике. Невозможно поверить, но такая практика существует.

7. Целесообразно ввести в практику оценку работы преподавателя студентами — насколько хорошо он подготовил их по дисциплине и насколько комфортными были образовательные процедуры. Это предложение непосредственно следует из того факта, что на современном этапе обучающийся во многом является заказчиком и потребителем услуги. И надо отметить, что из этой оценки совершенно необязательно должны быть какие-то дискриминационные следствия.

Критерии и оценка результатов

Выше мы говорили, что по своему существу компетенции являются «объектами отдалённого действия», поскольку проявляются лишь на стадии профессиональной деятельности, что создаёт принципиальные препятствия для формирования критериев и технологии оценки результатов.

Таким образом, неизбежно проблема критериев оценки результатов формирования компетенций переводится в проблему критериев и оценки формирования предпосылок к приобретению компетенций. Здесь следует сказать, что в новом инженерном образовании понятия «знание» и «умение» расходятся более, нежели в предыдущих, где они были, по существу, объединены.

В силу того что само понятие «знания» претерпело существенные

изменения, критерий также следует формулировать иначе.

В предложенной понятийной системе в качестве знания следует понимать качество и устойчивость фундаментального каркаса предмета в совокупности со способностью восстановления, получения сведений при взаимодействии с инфосферой. Соответствующим образом должна быть построена и технология контроля результата, при которой смартфоны перед входом на экзамен не отбираются, а, наоборот, выдаются.

А контроль должен быть построен на дифференцированном измерении фундаментальных основ и успешности взаимодействия с информационным полем. Если быть до конца последовательными, то объективный контроль заявленных компетенций требовал бы измерения принципиально отдалённого результата и при категорическом отсутствии предварительной подготовки. На настоящем этапе разработка, внедрение и валидизация указанной технологии едва ли осуществимы, однако она должна оставаться в качестве декларации справедливого принципа.

Второй составляющей являются критерии оценки умений, в частности в нашем случае можно говорить об умении разного рода взаимодействия с инфосферой, а также умениях, связанных со взаимодействием с регламентами.

В данном случае нет никаких принципиальных особенностей, на-

до только указать на то, что контрольные операции могут быть, а возможно, в большинстве случаев и должны быть оторваны от конкретики предмета, например, контроль умения взаимодействовать с инфосферой, касающейся французского языка, осуществляется на задачах, поставленных в отношении китайского. Либо при контроле умения взаимодействовать со сферой регламентации студент получает задание составить краткую инструкцию для сушки торфа, о которой слышит впервые.

Выводы

1. Основной технологической инновацией разработанной системы является введение понятия «концептуально-понятийный каркас» и отведение ему главенствующей роли в современном понимании знания.

2. Формирование у специалиста КПК дисциплин основано на нескольких принципах:

- декларирование структуры КПК в начале изучения раздела и её визуализация в виде структурно-функциональной схемы;
- превентивное введение названий определений и понятий с их обязательной верификацией, предпочтительно в интерактивном режиме;
- построение изложения от определений, понятий, величин и законов к регламентам и алгоритмам решения проблем и далее, к сведениям.



3. Технологии контроля знаний должны быть модифицированы в направлении соответствия новым образовательным целям и новому понятию о знании:

- контроль качества и устойчивости КПК;
- контроль способности восстановления сведений с использованием инфосферы;
- контроль навыков решения неопределённых задач;
- контроль качества работы с регламентами.

4. Учитывая концептуальное представление о знании и современном характере инженерной деятельности, целесообразно контрольные операции проводить в условиях доступа к инфосфере, в частности к Интернету.

5. Организация инженерного образования должна стремиться к ис-

ключению из процесса негативных образовательных факторов:

- учитывая значительную неоднородность поступающих, обеспечить их нормализацию за счёт дополнительной подготовки перед началом обучения на первом курсе;
- для устранения субъективного фактора разделить персоналии, преподающие предмет и производящие контрольные операции, предпочтительно приведение форм контроля в «человеко-независимые» форматы;
- для устранения внешних факторов, негативно сказывающихся на преподавании, желательно исключение из образовательного процесса разного рода отчётности и показателей успеваемости, не имеющих прямого отношения к задачам образовательного процесса.