

УДК 378

Целевые функции лабораторных работ и таксономия их результатов как основы формируемых компетенций

профессор Дорофеев А. А.^{1,*}

[*a.a.dorofeev@bmstu.ru](mailto:a.a.dorofeev@bmstu.ru)

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

В рамках международного научного конгресса "Наука и инженерное образование. SEE-2016", II международная научно-методическая конференция «Управление качеством инженерного образования. Возможности вузов и потребности промышленности» (23-25 июня 2016 г., МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия).

Выявлены и описаны соответствующие образовательным стандартам и отражающие признаки «русской школы» подготовки инженеров такие системные функции лабораторных работ как фундаментальная, стимулирующая, воспитательная и инструментальная с содержательно-деятельностной характеристикой приобретаемых при реализации этих функций знаний, умений и навыков как компонентов формируемой компетенции и предложена новая таксономия образовательных результатов по признакам категории базового знания и уровню его деятельностного освоения, проявления и реализации с учетом сложности задания и соотношения умений и навыков

Ключевые слова: образовательные стандарты, лабораторные работы, знания, образовательная технология, компетенции, умения и навыки, таксономия образовательных результатов

Введение

Система образовательных стандартов призвана способствовать обеспечению высокого качества инженерного образования по инновационным компетентностно ориентированным образовательным технологиям, при сохранении и развитии достижений отечественной высшей технической школы, в основе которых лежит «русский метод обучения ремеслам», предусматривающий усиленную практическую подготовку, в том числе, в процессе выполнения лабораторных работ [1–3].

Технологическая реализации отвечающего образовательным стандартам учебного процесса, включая лабораторный практикум, требует корректного с позиций дидактики описания каждого компонента учебного процесса с полнотой, достаточной для воспроизведения, реализующего целевую функцию с достижением поставленных образовательных целей, которые, согласно образовательного стандарта, должны быть сформулированы в компетентностной парадигме и допускать диагностику степени приближения к макси-

мально возможному результату: освоение знаний, умений и навыков (ЗУН) и интеграции их в компоненты формируемых компетенций [4, 6, 7].

Однако в известных исследованиях [6–11] функции лабораторного практикума не рассматривались с позиции формирования компетенций, как этого требуют образовательные стандарты, и при этом не обращалось должного внимания на диагностичность целей. Предложенное на основе модификации таксономии Блума двумерное представление характеристик учебных целей [5] непосредственно не применимо к диагностике результатов лабораторных работ в виду того, что автор дает классификацию познавательной деятельности, а не достигнутых результатов применения освоенных знаний, притом что содержание важнейшей для лабораторной работы деятельностной характеристики – применение – внутренне противоречиво, так как может включать и рутинную реализацию типового алгоритма в типовых условиях (воспроизведение), и применение с элементами анализа, оценки и синтеза, в котором могут появиться элементы творчества.

Эти вопросы – соответствующие образовательным стандартам функции лабораторных работ и таксономия их результатов как основа диагностики качества педагогического взаимодействия субъектов образовательного процесса – являются предметом исследования, некоторые результаты которого приводятся в настоящей статье преимущественно применительно к дисциплинам наукоемких направления, специальности специализации инженерного профиля.

Входящая в учебный план технического университета инженерная дисциплина выполняет системную функцию, включающую фундаментальную, стимулирующую, развивающую и инструментальную компоненты преимущественно для научно-исследовательской сферы будущей профессиональной деятельности. По отношению к этим функциям учебная деятельность в лабораторном практикуме моделирует исследовательский компонент будущей профессиональной деятельности как по целям, средствам и составу, так и по внешним условиям.

Основная часть

Фундаментальная компонента системной функции представляет собой научную основу описания состава и функционирования объектов из области инженерной деятельности. Освоение этой функции есть приобретение знаний, позволяющих на их основе не только освоить следующие дисциплины учебного плана, но и в дальнейшем осваивать не входящие в план новые, относящиеся к другим областям знаний или отраслям дисциплины, которые базируются на этой же научной основе (база познавательной компетенции), что необходимо для инженеров, получающих элитную подготовку.

Стимулирующая образовательный процесс функция лабораторных работ призвана вызвать интерес к теме занятия, способствовать формированию доступного творческому осмыслению целостного образа изучаемого объекта, включаемого в личностную научную картину мира, повысить мотивацию к обучению в целом и самообразованию, и самосовершенствованию.

В структуре собственно стимулирования как побуждения к когнитивной и эмоциональной деятельности и рефлексии, повышения мотивации можно выделить специфические для лабораторных работ по инженерным дисциплинам слагаемые:

- непосредственная связь с областью профессиональной деятельности актуально, в перспективе и/или в ретроспективе (со ссылкой на реальные экстремальные достижения мирового уровня, рекорды, аварии, уникальные ситуации, казусы и др. события и их отражение в нормативах, документах, в средствах массовой информации, в художественном творчестве и т.п., вызывающие мотивирующие эмоции удивления, любознательности и, в конечном счете, интерес к обучению);
- выделение, подчеркивание неполноты полученных знаний для адекватного понимания и описания реального объекта с формулировкой так называемой «степени незнания» и ссылкой на изучение снижающих незнание дисциплин в дальнейшем (формирование перспективно-побуждающих мотивов через возникновение личностной ценности получаемых знаний, которые из цели становятся средством решения задач).

В процессе лабораторной работы происходит **актуализация знаний**, т.е. привлечение ранее полученных научно-теоретических знаний, использование их для решения конкретных задач, взятых из области профессиональной деятельности инженера, с возникновением реальной или моделируемой ответственности. Эти знания закрепляются и осваиваются на уровне умений или навыков, включаемых в ментальную деятельностно-поведенческую компоненту личности, что повышает результативность последующего усвоения новых знаний теоретических знаний на этой базе, их деятельностном практическом освоении.

Воспитательная составляющая образовательного процесса касается эмоционально-ценностной (аффективной) области личности и включает содействие закреплению, развитию или формированию у обучающегося патриотизма, гуманизма, определенного активно-позитивного, ответственного отношения к окружающей действительности (к природе – экологически ориентированное природопользование и его глобальный характер; к социуму – национальные и общечеловеческие культурные и морально-этические и эстетические ценности; к профессиональному сообществу – принадлежность к профессиональному сообществу как личностная ценность), развитию эмпатии, потребности рефлексии, а также инициативы, лидерских и организаторских качеств [1, 12]. Причем эти качества формируются самой свободной личностью при содействии преподавателя как воспитателя, при том что взаимодействие личности с окружением с целью выражения эмоционально-личностного отношения (оценки, ранжирования, переживания тех или иных чувств) можно отнести к поведению, которое доступно наблюдению, тогда как деятельность – это взаимодействие с целью сохранения статус-кво (лат. status quo — «положение, в котором») или изменения ситуации, в том числе и активным проявлением, выражением отношения.

Инструментальная составляющая представляет собой освоение комплекса специальных знаний, умений и навыков, каждый из которых необходимы, а в комплексе – достаточны для продолжения обучения по данному учебному плану с освоением последующих дисциплин, требующих знаний ранее пройденных учебных предметов для описания и изложения сущности новой дисциплины.

Системность взаимосвязи этих четырех составляющих проявляется в их взаимопроникновении, в том, что они реализуются в основном симультанно (одновременно, синхронно, параллельно и в целом), хотя и сохраняется возможность их покомпонентной оптимизации, например, выбором методики и приемов формирования так называемой системно-творческой ментальности (по проф. А.А. Добрякову) [13–14]. При этом целесообразно акцентирование воспитательной компоненты, в частности, подчеркиванием уникальности изучаемых известных авторских решений, носящих имена создателей (спираль Архимеда, конус Морзе, плитки Иогансона, трубки Бурдона, Пито, Прандтля, Фильда, сопла Лавая, Вентури, Витошинского, резонатор Гельмгольца, башня инженера Шухова, руль Жуковского, теорема Котельникова, диполь Надиенко, зонд Ленгмюра, триггер Шмидта и др.), а также выдающихся коллективов разработчиков, таких, как школы генеральных конструкторов самолетов А.Н. Туполева, П.О. Сухова и др., ракетно-космической техники академика С.П. Королева, В.Н. Челомея, В.П. Бармина и др., ядерных реакторов Н.А. Доллежала, эффективного вооружения С.П. Непобедимого и еще многих воспитанников МГТУ им. Н.Э. Баумана и других вузов России [11, 15].

Реализация функций как достижение многокомпонентной цели лабораторной работы обеспечивается апробированной образовательной технологией, а подтверждение степени приближения к цели, в идеальном варианте – измерение качества результата образовательного процесса, производится с использованием контрольно-измерительных или контрольно-диагностирующих материалов (КИМ, КДМ).

Диагностируемые показатели характеризуют результат: усвоение и деятельностное освоение информации на уровнях **знания** (знать факты – рецепты, параметры, схемы, законы, закономерности, тезаурус, узнавать, понимать и др.), **умения** (готовность и достаточная подготовленность самостоятельно повторять, воспроизводить, выполнять практические действия, теоретические на разном уровне абстрагирования или виртуальные манипуляции на основе усвоенных знаний и личного жизненного опыта) и **навыков** (приемы, способы умственных и физических операций как компоненты действия, освоенные до автоматизма, т.е. с возможностью их выполнения без необходимости рационального управления и контроля, причем значительно быстрее и с меньшими погрешностями, чем при сознательном управлении).

Фундаментальные знания в основе умений и навыков, а ЗУН как необходимые интегрируемые составляющие профессиональной компетентности являются атрибутом «русской школы обучения ремеслам» [15–17].

Поэтому основными контролируемыми, диагностируемыми показателями успешности прохождения студентом лабораторного практикума выступают именно приобретенные ЗУН, проявляющиеся применительно к изучаемому объекту в условиях, моделирующих будущую практическую профессиональную деятельность. При этом естественной характеристикой деятельности является категория знания (фактическое, концептуальное, процедурное и метазнание [5]), освоенного до умений или навыков, проявляющихся в деятельности некоторого уровня из последовательности, упорядоченной по возрастанию доли порождаемой субъективно или объективно нового информационного содержания (аналогично предложенной В.П. Беспалько [18], но применительно к высшему образованию):

«О» – деятельность опорного уровня, когда новая информация практически не возникает;
 «А» – алгоритмическая деятельность, когда порождается только субъективно новая информация; «Э» – эвристическая деятельность, в которой рождается субъективно новое знание, которое может быть свёрхсуммарным по отношению к использованному знанию;
 «Т» – творческая деятельность, атрибутом которой выступает объективно новое информационное содержание как знание или качество.

Каждому уровню из перечисленных можно поставить в соответствие характерный тип деятельности, в которой проявляется освоенное знание: от узнавания и воспроизведения до применения по модифицированному известному или созданному вновь алгоритму с комбинацией операций анализа и синтеза.

Такому двумерному представлению характеристик деятельности, в которой проявляется освоенное знание, отвечает матрица, размерностью 5×4, изображённая в виде таблицы.

Причем имеется в виду то, что реализация усвоенного учебного знания на уровнях от «А» до «Т» включает деятельность по использованию знаний, усвоенных на предшествующих уровнях, а горизонтальной стрелкой обозначена возможность некоторого промежуточного, переходного уровня деятельностного освоения приобретенных знаний, тогда как анализ и синтез выполняются или автономно, или в паре как особая операция – анализ через синтез посредством мысленного включения объекта изучения в новые внешние связи и отношения с выходом на новое знание (обозначение «Э»↔«Т»).

Таблица 1. Структурно-содержательное представление усвоенных знаний по их проявлению в деятельности

		Уровни деятельностного освоения, проявления и реализации знаний в виде системного сочетания знаний, умений и навыков – необходимых компонентов приобретаемых компетенций				
Категория знания		Узнавание, воспроизведение	Объяснение, интерпретация	Рутинная деятельность (по алгоритму в стандартных условиях)	Деятельность с элементами анализа	Деятельность с элементами синтеза
		1	2	3	4	5
Фактическое (рецептурное, декларативное)	1	1-й уровень сложности, «О» (умения/навыки)				
Концептуальное (тезаурус)	2	1-й уровень сложности, «О» (умения/навыки)	1-й уровень сложности, «О»→«А» (умения)			
Процедурное, инструментальное, фактологическое (алгоритмы)	3	1-й→2-й уровни сложности, «О»→«А» (умения/навыки)	1-й→2-й уровни сложности, «А» (умения/навыки)	2-й уровень сложности, «А» (умения/навыки)		
Метазнание (ментальные банк знаний и база данных, навыки теоретической и практической деятельности, образное восприятие, эвристики)	4			2-й уровень сложности, «Э» (умения/навыки)	2-й→3-й уровни сложности «Э»→«Т» (умения / навыки)	3-й уровень сложности «Э»→«Т» «Э»↔«Т» (умения / навыки)

При этом сочетании категории базового знания и уровня его деятельностного освоения (элемент матрицы) можно поставить в соответствие уровень сложности деятельности: 1-й уровень (элементы 1;1, 1;2 и 2;2), 2-й (3;3, 3;4) и 3-й (5;4), и промежуточные между 1 и 2 (1;3; 2;3), и 2 и 3 (4;4), а успешно освоенному первому уровню сложности отвечает превышение нижней границе оценки «удовлетворительно» как отражение возможности последующего обучения, подготовленность к которому может быть различной.

В частности, приобретенные в процессе выполнения лабораторной работы **знания** могут быть количественно и качественно разными: **по объему или полноте** в сравнении с потенциально возможными уровнями; **по осознанности, конкретности или системной обобщенности** – включение в формируемый личный профессиональный тезаурус; **по доле включения в личностный виртуальный банк знаний**; по введению, включению в собственную ассоциативно-творческую картину мира; **по прочности** (доля знаний, запомненных надолго, т.н. остаточные знания).

Ввиду преобладания теоретико-практической компоненты в учебной деятельности контроль достижения цели также должен проводиться посредством оценки базирующихся на знаниевой компоненте ЗУН умений студента, которые он проявляет, демонстрирует и в процессе выполнения лабораторной работы, и при презентации и защите её результатов.

В этом смысле защита результатов лабораторной работы есть учебная деятельность не только по демонстрации, но и по закреплению и систематизации знаний, переводу их в оперативную деятельностную сферу субъекта. Знания должны трансформироваться, преобразовываться в умения, которые демонстрируются в реальном, с элементами конкуренции взаимодействию с профессиональным сообществом (публичная защита как моделирование профессиональной социализации, профессионального признания и самоутверждения).

Здесь **под умением** будем подразумевать готовность и способность обучающегося сознательно адекватно воспринимать распоряжение (команду) или сформулированную в методике (в технологической документации) операцию, подбирать для её исполнения как минимум целесообразные, в предельном варианте – оптимальные инновационные способы и средства деятельности (инструменты, информационные автономные или сетевые технологии) и предпринимать практические и/или интеллектуальные действия, приводящие к положительному результату в деятельности, моделирующей научные исследования в профессиональной области.

Умения приобретаются только на практике, т.е. путем применения знаний способов деятельности, первоначально копируя демонстрируемые действия (демонстрационно-учебная или созидательная совместная деятельность «мастер и подмастерье» или «делай, как я» в технологии педагогического сотрудничества; учебные фильмы, в том числе интерактивная анимация, сопровождаемая звукорядом, воспроизводящая в задаваемом темпе технологию – алгоритм лабораторной работы; компьютерные интерактивные демонстраторы и тренажеры и т.п.) или воспроизводя их согласно технологической документации.

Для умелых умственных (мыслительных: переключение внимания, перцептивная готовность, логические операции, вычисления, суждения и др.) или физических (перемеще-

ний частей тела или командных органов технического устройства, перевода взгляда и др.) действий характерно **осознанное контролирование их основы**, тогда как составляющие элементы или звенья действия, как правило, освоенные ранее в процессе набора жизненного опыта, выполняются без осознаваемой регуляции и контроля, автоматически, т.е. на **уровне навыков** (например, в лабораторном практикуме по инженерным дисциплинам это: мелкая моторика нажатия клавиш, переключения, вращения и т.п. элементарных операций или действий, равно наблюдение за показанием приборов или цветом пламени, звуком и другими находящимися в зоне внимания факторами, их анализ). Повышение доли выполняемых автоматически действий, составляющих сложное исполнительное действие в составе деятельности, достигается многократным их воспроизведением, повторением, упражнением, что может **перевести умение в навык** в целом, как на новый уровень освоения знания, составляющего их сущностную содержательную основу, созданную целенаправленно и сознательно.

Основным результатом учебных по целям лабораторных исследований является личностный интеллектуальный продукт в виде субъективно нового знания, представляемого в форме, допускающей его использование в инновационных разработках технических устройств и технологий.

Для инженера, непосредственно работающего на наукоемких и энергонасыщенных установках (обрабатывающие центры, устройства по газоплазменному напылению с числовыми системами управления, прокатные станы «белой металлургии», технологические лазеры, ядерные реакторы и т.п.) на фазе опытно-конструкторских работ (ОКР) необходимым компонентом профессиональной компетентности будут как минимум **операционные навыки – интеллектуальные навыки** оперативной оценки неконтролируемой автоматикой чрезвычайной ситуации, принятия решения о действии и собственно исполнения действия перемещением органа управления (нажатия кнопки, включения тумблера, поворот рычага и т.п.), где навык проявляется как моторика неконтролируемого сознательно движения. Компетентность в части применения научных подходов к анализу результатов испытаний опытных вариантов и выработки предложений по совершенствованию разрабатываемой продукции базируется здесь на знаниях и умениях как достаточном уровне, если они включают умения творческого осмысления и выработки технических решений на уровне изобретений.

Заключение

На основании изложенного в качестве выводов можно констатировать:

- 1) выявлены и описаны соответствующие образовательным стандартам и отражающие признаки «русской школы» подготовки инженеров такие системные функции лабораторных работ как фундаментальная, стимулирующая, воспитательная и инструментальная с содержательно-деятельностной характеристикой приобретаемых при реализации этих функций знаний, умений и навыков, являющихся компонентами формируемой компетенции;

- 2) предложена новая таксономия образовательных результатов по признакам категории базового знания и уровню его деятельностного освоения, проявления и реализации с учетом сложности задания и соотношения умений и навыков.
- 3) Примером реализации и апробации описанного представления функций, целей и результатов лабораторных работ могут служить методические указания [19], а также интеграция лабораторного практикума в образовательную технологию изучения пропедевтической дисциплины [4], что нашло отражение в учебнике нового типа [20], в частности, в представленных в нем апробированных многолетней практикой КИМ и КДМ, включивших ситуационные задачи (кейс-формы), разработанные совместно с представителями отрасли-заказчика [16, 17].

Список литературы

- [1]. Александров А. А., Коршунов С. В., Цветков Ю. Б. Образовательные стандарты МГТУ им. Н.Э. Баумана – новое качество инженерного образования // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 12. С. 966–983. DOI: [10.7463/1214.0752249](https://doi.org/10.7463/1214.0752249)
- [2]. Дорофеев А.А. Профессиональная компетентность как показатель качества образования // [Высшее образование в России](#). 2005. № 4. С. 30-33
- [3]. Дорофеев А.А. Недописанные главы полезной книги. Аналитическая рецензия на книгу: Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / Э.Ф. Кроули, Й. Малмквист, С. Остлунд, Д.Р. Бродер, К. Эдстрем; пер. с англ. С. Рыбушкиной; под науч. ред. А. Чучалина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд-во «Дом Высшей школы экономики», 2015. 504 с. (Библиотека журнала «Вопросы образования»). // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. 2016. №2. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/833815.html> (дата обращения: 20.06.2016)
- [4]. Дорофеев А.А. Системные функции пропедевтики и опыт их реализации в образовательном стандарте, упредившем «Всемирную инициативу CDIO» // Alma mater. (Вестник высшей школы). 2014. № 7. С. 22–26.
- [5]. Цветков Ю.Б. Особенности проектирование учебных целей дисциплин инженерных образовательных программ // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 03. С. 331–344. DOI: [10.7463/0315.0761285](https://doi.org/10.7463/0315.0761285) Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/761285.html> (дата обращения: 19.06.2016)
- [6]. Гаспарова Л.Б. Педагогическая технология проведения лабораторного практикума в системе подготовки инженеров: дис. ... канд. пед. наук. Самара, 2005. 193 с.
- [7]. Сусленкова Э. Б. Условия эффективного проведения натурно-виртуального лабораторного эксперимента в вузах МЧС России: дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2009. 154 с.
- [8]. Якимова Л.Г. Применение интерактивной модели виртуальной лаборатории в учебном процессе ВУЗов МЧС России: дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2012. 170 с.

- [9]. Демьянов Т. В. Эвристическая модель лабораторного практикума по естественно-научным дисциплинам в вузах МЧС России: дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2011. 184 с.
- [10]. Духанин В.В. [Интегративные технологии проведения лабораторного практикума в вузах МЧС России](#): дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2010. 177 с.
- [11]. Дорофеев А.А. Гуманизированная дидактическая структура лабораторного занятия по изучению конструкции технических объектов. // Гуманитарный вестник. 2013. № 4. DOI: [10.18698/2306-8477-2013-4-60](#) Режим доступа: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/pedagog/engped/60.html> (дата обращения: 19.06.2016).
- [12]. Смирнов С.Д. Психология и педагогика для преподавателей высшей школы: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 422 с.
- [13]. Добряков А.А. Психолого-педагогические основы подготовки элитных специалистов как творческих личностей (содержательные элементы субъект-объектной педагогической технологии): Учебное пособие. М.: Логос. 2001. 333 с.
- [14]. Добряков А.А., Печников В.П. Высшие психические функции и функциональная структура гуманизированного образовательного стандарта (модели, методология, примеры): Учеб. пособие. М.: Логос. 2001. 245 с.
- [15]. Федоров И.Б., Колесникова К.С. Научные школы Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. История развития. 2-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2005. 464 с.
- [16]. Дорофеев А.А. Учебная литература по инженерным дисциплинам: системная дидактика, методика и практика проектирования: [монография]. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. 398 с.
- [17]. Дорофеев А.А., Комаров М.А. Целевая подготовка инженеров на факультетах при ведущих предприятиях ракетно-космической отрасли и реформирование российского профессионального образования // Полет. 2013. №12. С. 48–53
- [18]. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии. М.: Педагогика. 1989. 192 с.
- [19]. Дорофеев А.А. Схема газо-жидкостных систем и специфические агрегаты двигательной установки с ядерным ракетным двигателем: методические указания к лабораторной работе по дисциплине "Основы теории и расчета ядерных ракетных двигателей и энергетических установок". [Электронное учебное издание]. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012.
- [20]. Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчет и проектирование: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 571 с.