

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ПРАКТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ХИМИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Андрюшкова О.В., Буданова А.А.

Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова

Вопросы поиска и ранжирования критериев, определяющих качество учебного процесса в целом и отдельных его составляющих, например качество учебных материалов, учебной деятельности преподавателя и разработанных им онлайн-курсов, используемой среды обучения, остаются в последние десятилетия актуальными, что отражается в многочисленных публикациях [1–4] и в бурных обсуждениях этих публикаций в профессиональных группах. Судя по поиску в РИНЦ, только в 2019 г. было опубликовано свыше пяти тысяч статей о влиянии методов, средств и форм обучения на качество учебного процесса.

В [5] предложено оценивать образовательный процесс с точки зрения всех составляющих педагогической системы, а интегральный показатель качества – негэнтропию рассчитывать с учётом весовых коэффициентов базовых критериев, влияющих на уровень обученности студента. В настоящей статье рассматривается такая ключевая составляющая естественнонаучного образования, как формирование практических умений и навыков у студентов по выполнению химического эксперимента в лабораторных условиях.

Лабораторный химический практикум в процессе обучения химии исторически появился позднее книжного и лекционного обучения. Это было связано с необходимостью усвоения знаний, накопленных предыдущими поколениями [6]. Однако роль лабораторных занятий в изучении химии огромна [7], поскольку практикум обеспечивает усвоение материала студентами на более высоком уровне, так как данный вид занятий предполагает преобладание собственной актив-

ной познавательной деятельности обучаемых. Химический практикум позволяет сформировать:

- представление о методах постановки экспериментальной задачи;
- знание методики измерений и принципы действия измерительных приборов;
- умение проводить измерения;
- знание и умение применять методику обработки результатов и определения ошибок измерений;
- умение анализировать результаты экспериментов и делать выводы о результатах решения поставленной задачи.

История развития химического образования в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова [8] наглядно показывает необходимость проведения лабораторных занятий для получения современных, качественных знаний по химии. На разных этапах существования университета руководители и кураторы химического образования подчеркивали важность введения студенческого эксперимента в процесс обучения химии при подготовке специалистов по различным естественнонаучным направлениям.

На современном этапе развития ИКТ и повсеместного внедрения цифровизации появляются новые требования к подготовке будущих специалистов.

При этом решение проблемы повышения качества обучения химическим дисциплинам в высшем учебном заведении подразумевает не отказ от традиционного обучения, а его модернизацию, предполагающую в том числе внедрение в традиционное обучение инновационных технологий.

В [9] на основании анализа зарубежного и отечественного опыта внедрения виртуального эксперимента в учебный процесс подчеркивается ненужность и невозможность полной замены реального эксперимента виртуальным. Виртуальный эксперимент должен дополнять реальный, а само наблюдение явлений должно проходить в процессе реальных лабораторных опытов. В [10] подчеркивается, что практическая ориентация всех видов и форм обучения, особенно по естествен-

нонаучным дисциплинам, с выраженным фундаментальным контентом, является необходимым атрибутом современного эффективного педагогического процесса, так как позволяет подготовить специалистов с широким спектром жизненно важных, востребованных знаний и умений.

Построение адекватной методики оценки качества учебного процесса по естественнонаучным направлениям требует определения категорий первого уровня, влияющих на качество сформированных компетенций по дисциплине или курсу. В [11] было предложено выделить шесть таких категорий для обучения естественнонаучным дисциплинам. Использование метода нормировки и экспертного оценивания весовых коэффициентов с точки зрения «важности» критерия для качества обученности студента дали максимальные численные значения для такой категории как «Практикум» (см. рис. 1). Далее следуют «Преподаватель» как субъект в педагогической системе, что объяснимо, поскольку преподаватель выступает проектировщиком учебного процесса и от уровня его компетенций зависят категории второго уровня для всех других базовых категорий. Следует отметить, что все элементы педагогической и методической систем нашли отражение в предложенной схеме Исикавы, отображающей влияние базовых категорий на качество обученности студента.

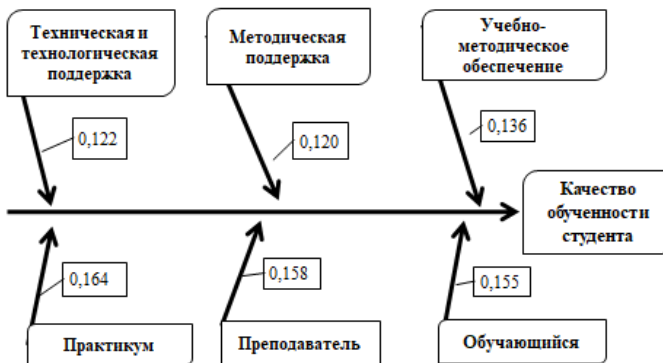


Рис. 1. Диаграмма Исикавы для категорий первого уровня и их весовые коэффициенты

В зависимости от используемой модели обучения, формы образования, целевой аудитории и индикаторов достижения компетенций категории всех уровней могут различаться, но должны сохраняться следующие закономерности:

- категорий первого уровня должно быть не более шести-семи (согласно методу формирования причинно-следственных связей при построении диаграммы Исикавы);
- базовые категории должны отражать основные элементы рассматриваемой системы, в данном случае педагогической системы;
- иерархичность рассматриваемой системы является признаком её устойчивости как динамической системы; следовательно, чем подробнее выявлены все вложенные категории, тем нагляднее проявляются сильные и слабые стороны педагогической системы;
- совокупность категорий всех уровней обеспечивает эмерджентные свойства педагогической системы.

На следующем этапе на примере категории «Практикум» были определены категории второго и третьего уровней и выстроена их иерархия, пример которой приведен в табл. 1. Важно подчеркнуть, что критерии должны быть измеряемые либо дихотомически (0 или 1) либо с использованием логики нечётких множеств [11].

Таблица 1

Категории второго и третьего уровней для категории «Практикум»

Базовая категория	Категория второго уровня	Категория третьего уровня
Лабораторный практикум	Материальное обеспечение	Реактивы
		Приборы и оборудование
		Посуда
		Комплексное оборудование лаборатории и рабочего места
	Преподаватель: уровень компетенций в методике проведения химического эксперимента	Умение отобрать необходимые эксперименты в рамках требований ФГОС или самостоятельно устанавливаемого Образовательного стандарта (СУОС) МГУ
		Наличие подтвержденного практического опыта выполнения химического эксперимента или демонстрационного эксперимента (опыт преподавания, сертификаты, стажировки)

Базовая категория	Категория второго уровня	Категория третьего уровня
		Знание методики проведения демонстрационного эксперимента
		Знание и соблюдение техники безопасности (ТБ) по выполнению химического эксперимента
		Умение объяснить полученный результат и вероятные отклонения
		Умение оценить риск проведения опытов, выходящих за рамки программы
	Лаборанты	Наличие профильного образования
		Практический опыт работы в студенческом практикуме
		Знание ТБ
		Доброжелательность, коммуникабельность, оперативность
		Умение оказать первую помощь при несчастном случае
	Учёт профиля подготовки	Формируемые компетенции данной специализации согласно ФГОС и СУОС ВУЗа
	Техника безопасности	Строгое соблюдение правил ТБ и знание правил оказания первой помощи при инцидентах в химической лаборатории
	ИКТ-поддержка лабораторных работ	Технологии AVR
		Удаленная лаборатория
		Интерактивные технические инструкции
		Электронный лабораторный комплекс
		Видео инструкции по работе с оборудованием

Хорошее материальное обеспечение химических лабораторий, предназначенных для работы со студентами, позволяет:

- вводить в учебный процесс лабораторные работы различного уровня сложности как с точки зрения методики эксперимента, так и с точки зрения аппаратного (технического) оснащения;
- мотивировать студентов к углубленному изучению химических дисциплин, продемонстрировав возможности лаборатории;
- развивать общекультурные умения по аккуратному и грамотному использованию посуды, реактивов, приборов и оборудования.

«Внешний вид лаборатории» имеет большое значение для создания творческой атмосферы, может формировать образ дисциплины и оказывает нередко решающее воздействие на мотивацию обучающе-

гося, что в свою очередь существенно влияет на качество учебного процесса в целом. Например, по мнению [6] важнейшие требования к лаборатории – это порядок и чистота. Таким образом, нередко некоторые, привычные преподавателю атрибуты лабораторного эксперимента сильнее всего сказываются на его качестве.

Не вызывает сомнений, что успешное проведение лабораторных работ студентами напрямую зависит от компетентности преподавателей и лаборантов. Преподаватель, работающий в практикуме, должен быть не только хорошим химиком и методистом, но и одновременно иметь опыт показа демонстрационного эксперимента, поскольку часть опытов, которые студенты видели на лекции, полезно повторить при выполнении лабораторной работы. При этом часто возникает ситуация, когда проведение подобного опыта целесообразно в малой студенческой группе, а не индивидуально. Кроме того, не все опыты, важные для усвоения материала, можно продемонстрировать на лекции.

Проведение демонстрационного эксперимента преподавателем также имеет большое воспитательное значение, поскольку наблюдение за техникой эксперимента формирует у студентов не только специальные (использование химических реактивов и оборудования), но и общеучебные умения (постановка цели, выбор пути её достижения, прогнозирование результата, анализ полученных результатов, анализ причин отклонения от прогнозируемого результата).

Необходимо отметить, что классификация опытов (синтез веществ; качественные реакции; реакции, демонстрирующие кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства веществ; измерение параметров химических реакций; изучение закономерностей в химических реакциях), которые можно провести в рамках лабораторных работ, поможет преподавателю отобрать опыты, строго соответствующие формированию необходимых компетенций и поставленным во ФГОС и СУОС целям подготовки по разным направлениям.

Особое внимание при лабораторном и демонстрационном эксперименте уделяется строгости соблюдения правил техники безопасности, что также является важной воспитательной функцией. Техника

безопасности – один из важных критериев второго уровня. Знакомство с правилами техники безопасности и строгое их соблюдение при выполнении всех экспериментов относятся к тем элементам учебного процесса, которые не вводятся постепенно, а жёстко задаются с первого дня и неукоснительно соблюдаются всеми участниками. Это особенно важно при обучении студентов первого курса нехимических специальностей, поскольку у большинства из них не было никакого школьного эмпирического химического опыта.

Расчёт численного значения для критериев второго уровня осуществлялся на основании систем уравнений нечётких множеств. Были выбраны трапециевидные формы для функций принадлежности по критерию обеспеченности преподавателя средствами обучения и пример приведен в табл. 2.

Таблица 2

Функции принадлежности термов

Категория	Термы B_{ii}	Функция принадлежности критерия
Преподаватель, обеспеченность средствами обучения (предметная область + ИКТ)		
Низкая (<i>отсутствие</i> оборудованных лабораторий, практикумов и доступа в интернет)	B_{i1} – «низкий уровень критерия»	$\mu_1(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq x < 0,25 \\ 10(0,31 - x), & \text{если } 0,25 \leq x < 0,33 \\ 0, & \text{если } 0,33 \leq x \leq 1 \end{cases}$
Средняя (хорошо оснащённые лаборатории, практикумы, но <i>отсутствие</i> доступа в интернет)	B_{i2} – «средний уровень критерия»	$\mu_2(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 \leq x < 0,33 \\ 10(x - 0,35), & \text{если } 0,35 \leq x < 0,45 \\ 1, & \text{если } 0,45 \leq x < 0,55 \\ 10(0,67 - x), & \text{если } 0,55 \leq x < 0,67 \\ 0, & \text{если } 0,67 \leq x \leq 1 \end{cases}$
Высокая (хорошо оснащённые лаборатории, практикумы, скоростной доступ в интернет, используются онлайн-курсы)	B_{i3} – «высокий уровень критерия»	$\mu_3(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 \leq x < 0,67 \\ 10(x - 0,75), & \text{если } 0,67 \leq x < 0,75 \\ 1, & \text{если } 0,67 \leq x \leq 1 \end{cases}$

Собранный массив экспертных данных отработан с помощью алгоритмов нечёткой логики исходя из предположения, что нечеткое

множество $A = \{\mu A(x) / x\}$ представлено критериями «х» и μ , которая называется функцией принадлежности этого критерия. Результаты расчета функций принадлежности для категорий второго уровня «Внешние требования» для пяти направлений и специальностей приведены в табл. 3.

Таблица 3

Рассчитанные значения функций принадлежности

Категория	Термы B_{ij} , G_l	Значения функций принадлежности μ				
		05.03.01 Геология	31.05.01 Лечебное дело	33.05.01 Фармация	06.03.01 Биология	04.03.01 Химия
1.	Внешние требования (ФГОС), внутренние требования (ООП, УП)					
1.1.	Индикаторы достижения компетенции (таксономия целей обучения)					
1.1.1	Знать и воспроизводить изученный материал	G_1	1	1	1	1
1.1.2	Понимать и преобразовывать	G_2	0,2	0,1	0,9	1
1.1.3	Уметь и владеть (применять, анализировать, интерпретировать результаты)	G_3	0,5	0,5	1	1
1.1.4	Быть способным к самостоятельной деятельности (осуществлять синтез, изготавливать материалы и препараты, проводить экспертизу, оценивать качество, создавать и развивать методику)	G_4	0	0	1	0,9

Негэнтропию (J) предложено рассчитывать по уравнению: $J = \sum_{i=1}^n w_i \cdot k_i$, где k_i – численное значение критерия, а w_i – его весовой коэффициент. Были выбраны критерии, которые зависят или формируются внутри образовательной организации, а значит могут быть изменены в соответствии с целями и задачами, стоящими перед университетом/факультетом/институтом/кафедрой, что позволило сравнить качество образовательного процесса по химическому курсу для различных направлений. На рис. 2 представлены результаты расчётного значения негэнтропии с учётом всех критериев для двух направлений и для модельной ситуации.

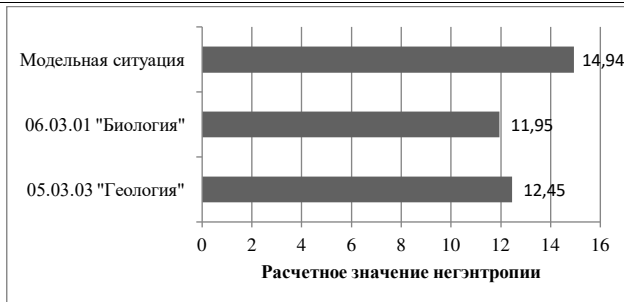


Рис. 2. Расчётное значение негэнтропии для различных направлений

Выводы

Предлагаемые алгоритмы построения методики являются универсальными и могут быть использованы как для оценки качества самостоятельных онлайн-курсов, так и традиционных учебных процессов с применением онлайн-курсов для поддержки обучения. Помимо этого, предлагаемая методика может быть использована для построения экспертных систем, разработки стандартов качества онлайн-обучения, прогнозирования результатов обучения по дисциплине/направлению с учётом экспертного оценивания. Универсальность методики позволяет применять её для получения интегральной оценки качества процессов, объектов и продуктов различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Андреев А. А.* Система требований к качественному онлайн-курсу при обучении в цифровой ИОС // Сб. трудов научно-практической конференции «Информационная безопасность личности субъектов образовательного процесса в современном обществе». 3 декабря 2019 г. Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина.
2. *Бубнов Г. Г., Никольчев Е. В., Плужник Е.В.* Опыт внедрения инновационных информационных технологий в образовательную деятельность // Высшее образование в России. 2015. № 1. – С. 159–161.
3. *Разинкина А.И.* Оценка качества электронного обучения// Евразийский союз учёных. 2019, №4–(61). – С. 45–48.
4. *Сергеева М.Г.* Обеспечение качества обучения посредством цифровизации образования // Вопросы педагогики. 2019. № 3. – С. 262–265.
5. *Андрюшкова О. В., Григорьев С. Г.* Методика оценки качества обучения на основе негэнтропии // Информатика и образование. – 2019. № 10. – С. 37–45.

6. *Зайцев О.С.* Практическая методика обучения химии в средней и высшей школе. Учебник. – М.: КАРТЭК, 2012. – 470 с.

7. *Чернобельская Г.М.* Теория и методика обучения химии. Учебник. – М.: Дрофа, 2010. – 320 с.

8. Химия в Московском университете на основной кафедре химии и химическом отделении. URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/history/chemdept-history-1.html>

9. *Жилин Д.М.* Замена реального химического эксперимента виртуальным: зарубежный опыт // Естественнонаучное образование: информационные технологии в высшей и средней школе. Методический ежегодник химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Т.15. – Москва, 2019. – С. 147–166.

10. *Стожко Н.Ю., Бортник Б.И., Чернышева А.В., Подшивалова Е.М.* Формирование профессиональных компетенций в ходе физико-химического лабораторного практикума в экономическом вузе // Образование и наука. 2016. № 10. – С. 50–65.

11. *Андрюшкова О.В., Григорьев С.Г.* Расчёт негэнтропии и весовых коэффициентов многокритериальных оценок на основе нечётких множеств // Информатика и образование. 2019. № 1 (300). – С. 40–49.