

УДК 372.8

DOI 10.54835/18102883_2023_34_3

ЭФФЕКТИВНЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ ХИМИКОВ-ТЕХНОЛОГОВ: ИНТЕГРИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ

Мателенок Анастасия Петровна,

кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры математики и компьютерной безопасности,
ORCID 0009-0003-5191-5366;
kuznetsova@tut.by, atess@rambler.ru

Вакульчик Валентина Степановна,

кандидат педагогических наук, доцент,
оцент кафедры математики и компьютерной безопасности,
ORCID 0009-0006-6264-9528;
Vaculchik@tut.by

Полоцкий государственный университет,
Республика Беларусь, 211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29

В статье рассматривается проблема реализации взаимодействия компетентностного и междисциплинарного подходов при формировании компетенций как заданного результата обучения студентов технического профиля. Авторы предлагают конкретную эффективную методическую форму, обеспечивающую один из возможных способов решения выделенной проблемы относительно обучения математике и информатике химиков-технологов с применением нового методического средства: интегрированного модуля. В статье приведено определение интегрированного модуля, а также показано, что внедрение в обучение студентов выделенных подходов во взаимосвязи и во взаимодополнении представляет собой объединяющий фактор и основание для формирования заданных компетенций будущего специалиста. Представлена поэтапная методика внедрения интегрированного модуля с использованием УМК нового поколения в практику обучения математике и информатике. Выделены конкретные методические средства оргуправленческой деятельности преподавателей дисциплин из интегрированного модуля по обучению единым методам эффективной самостоятельной работы. Отдельное внимание среди них отводится применению междисциплинарных задач и проектов. Методически продуманное взаимодействие дисциплин в интегрированном модуле ведет к согласованной трансляции педагогами учебной информации как внутри каждой отдельной дисциплины, так и между дисциплинами. Таким образом, интегральное функционирование компетентностного и междисциплинарного подходов, с учетом взаимодействия содержательных и процессуальных компонентов, включенных в стандарт дисциплин, служит для обеспечения целостности и преемственности обучения. В конечном итоге оно создает высокий потенциал для достижения студентами заданного результата обучения.

Ключевые слова: компетентностный подход, междисциплинарный подход, междисциплинарная интеграция, интегрированный модуль, заданные результаты обучения.

Введение

Качество образования инженера – интегральная характеристика учебной деятельности учреждения образования. Эта характеристика находится в существенной зависимости от содержания выделенных к изучению для каждой отдельно взятой специальности учебных дисциплин; наличия опытных специалистов, владеющих методикой вузовского преподавания; используемого при этом современного оборудования и др. Указанная характеристика выражает степень соответствия сформированных компетенций будущего специалиста образовательным стандартам конкретной специальности, требованиям рынка труда, уровню достижения

студентами заданных результатов образовательной программы. Под *заданными результатами образования* будем понимать сформированные у обучающихся компетенции, определяемые образовательным стандартом специальности. Будем считать, что потенциально уровень качества выпускаемых специалистов тем выше, чем полнее пересекаются выделенные стандартом для каждой дисциплины *компетенции*, чем полнее пересекаются *содержания* учебных дисциплин естественнонаучного, общепрофессионального и специального циклов, чем теснее междисциплинарные связи и методическое единство оргуправленческой деятельности преподавателей этих дисциплин.

В этой связи для методики обучения студентов технического профиля актуальной остается задача поиска эффективных дидактических подходов, форм и средств, реализация которых позволяет добиваться заданных результатов обучения, высокого качества образования. *Компетентностный подход* в определенной мере позволяет решать поставленные перед современным образованием задачи. Базовыми категориями компетентностного подхода выступают «компетенция» и «компетентность».

Обратимся к определениям Е.Я. Аршанского, который указывает, что «компетентностный подход – это методологический подход, при котором определение целей, отбор содержания, организация образовательного процесса и оценка его результатов осуществляется на основе формируемых у обучающихся компетенций. Компетенция – набор знаний, умений, способов и опыта деятельности. В этом случае компетентность выступает как интегративное качество личности, характеризующее степень овладения той или иной компетенцией, выраженность компетенции» [1. С. 114].

Приведенные нами определения компетенции и компетентности соответствуют общим дидактическим о них представлениям, зафиксированным в образовательных стандартах [2]. Очевидно, приобретение заданных стандартом компетенций возможно через определенным образом дидактически спроектированную и внедренную каждым преподавателем в практику обучения студентов-химиков познавательную деятельность, которая позволяет современному выпускнику получить необходимый опыт и способности быть готовыми к динамически изменяющимся требованиям современного производства и непосредственно жизненным обстоятельствам.

По нашему мнению, успешная реализация выделенного подхода в значительной степени зависит от наличия у студентов способностей выполнения междисциплинарных проектов, в которых можно оценить степень формирования выделенных компетенций. В то же время анализ методов и форм реализации компетентностного подхода, а также спектра исследований, посвященных *междисциплинарной интеграции* [3–9], позволил выявить, что именно она является существенным параметром, оказывающим значительное влияние в обучении математике на формирование заданных стандартом компетенций специалиста технического профиля.

Рассмотрим междисциплинарное интегративное свойство компетентностного подхода на примере реализации образовательного стандарта [10] для специальности «Химическая технология переработки природных энергоносителей и углеродных материалов». Всего в нем приведено 30 компетенций (15 универсальных компетенций (УК), 6 базовых профессиональных компетенций (БПК), 9 специальных компетенций (СК) на 46 дисциплин). Очевидно, что каждую компетенцию в среднем формируют две и более дисциплины. Например, УК 5 – Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности, формируют 8 дисциплин: «Экономика», «Политология», «Инженерная машинная графика», «Прикладная механика», «Общая химическая технология», «Психологические основы безопасности труда», «Технология переработки нефти и газа», «Организация производства и управление предприятием».

Таким образом, при формировании определенной компетенции задействовано интегративное взаимодействие нескольких дисциплин, разноплановых по структуре и содержанию. Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что компетентностный подход обладает свойством *интегративности*. Поэтому можно сделать вывод, что необходимы изучение и разработка методов, форм, средств, способов проверки обучения различным дисциплинам, взаимосвязанная реализация которых направлена на овладение студентами заданными стандартом компетенциями.

Для достижения поставленной цели следует изучить и развить потенциал междисциплинарного подхода к проектированию учебного процесса в соответствии с образовательным стандартом, в котором междисциплинарные связи дисциплин будут иметь приоритетную позицию. В основу включения выделенного методологического подхода в представляемое исследование положим определение Э.М. Мирского, который утверждает, что «применение междисциплинарного подхода отражает уровень осознания представителями дисциплин, изучающих природу, общество и человека, системного характера их объектов, всеобщей связи, существующей между явлениями материального мира, а также недостаточности дисциплинарного, т. е. одностороннего, «отраслевого» принципа научно-теоретического освоения реальности» [11. С. 150].

В соответствии с представленным определением, делаем вывод, что междисциплинарный подход не противоречит методологическим положениям компетентностного подхода. Имеются основания утверждать, что интегральное функционирование и взаимодействие, реализация содержательных и процессуальных компонентов выделенных подходов в обучении студентов-химиков является объединяющим фактором для формирования заданных компетенций. Таким образом, *обеспечивается преемственность и целостность обучения, создаются предпосылки для достижения студентами заданного результата обучения.*

Ретроспективное изучение научно-методической литературы (например, [7, 9, 12]) и собственный педагогический опыт (позволяющий согласиться с высказываниями указанных авторов) свидетельствуют о реально существующих проблемах в реализации междисциплинарного подхода для студентов технических специальностей: «преподаватели непрофильных учебных курсов, как правило, сами достаточно слабо ориентируются в сущности будущей профессиональной деятельности студентов и не всегда могут выстроить междисциплинарные связи со специальными и общепрофессиональными дисциплинами» [12. С. 21]; «выстраивание формальных связей между дисциплинами без учета их содержательного своеобразия, отсутствия глубоких знаний по отдельным дисциплинам» [9. С. 48]; «серьезное сокращение аудиторных часов на изучение дисциплин естественнонаучного цикла» [7. С. 89]; нежелание преподавателей перестраивать курс собственной дисциплины под требования общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Таким образом, имеются основания обратить внимание на наличие противоречия между объективно существующей возможностью реализации взаимопроникновения компетентностного и междисциплинарного подходов при формировании компетенций, как заданного результата обучения студентов технического профиля, и отсутствием таких теоретически обоснованных и широко внедренных в практику обучения проектов.

Основная часть

Дидактическими формами воплощения совместного взаимодействия междисциплинарного и компетентностного подхода для

создания интегративной основы обучения в учреждениях высшего образования с целью формирования указанных стандартом компетенций как заданного результата обучения могут быть *интегрированные модули (ИМ)*. «Под *интегрированным модулем* будем понимать комплекс учебных дисциплин (имеющих предшествующие и сопутствующие междисциплинарные связи, не теряющих при объединении собственного методолого-эпистемологического статуса и самостоятельности), служащий эффективному решению ряда целей учреждения высшего образования, обеспечивающий посредством УМК нового поколения целостность обучения, ориентированный на организацию разноплановой деятельности студентов и педагогов, позволяющий студентам с его помощью овладеть содержанием дисциплин, сформировать необходимые компетенции» [13. С. 171].

Рассмотрим способ обеспечения междисциплинарной интеграции дисциплин в рамках компетентностного подхода на примере специальности «Химическая технология переработки природных энергоносителей и углеродных материалов» Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. Выпускающей кафедрой, которая является разработчиком образовательной программы указанной специальности, в [14] указана востребованность глубокой интеграции учебного материала в рамках отдельных дисциплин, между дисциплинами. Исходя из установленного факта, возникла идея объединения нескольких близких дисциплин в ИМ, обеспечивающий в своем взаимодействии через интеграцию их учебной информации приобретение студентами определенных профессиональных компетенций выпускника.

Обратимся к опыту реализации междисциплинарной интеграции на примере ИМ «Моделирование химико-технологических процессов (базовая подготовка)» (сокращенно – «Моделирование»), состоящего из трех дисциплин («Информатика», «Высшая математика», «Физика»). Следует отметить, что дисциплины объединяются в ИМ по значимости содержательных междисциплинарных связей внутри модуля. Включение в ИМ только небольшого количества дисциплин с *наиболее тесными содержательными связями* повышает эффективность и оптимизирует результаты внедрения разработанных педагогами методических систем преподавания каждой из них.

Преподавателям при этом *создаются благоприятные условия для согласования учебных программ, обсуждения эвристических предписаний по проектированию графических схем, информационных таблиц, частных алгоритмов решения задач, для проектирования общих методов формирования заданных компетенций, поиска новых методических приемов и форм, подбора задач междисциплинарного характера, выбора системы компьютерной алгебры (СКА).*

Продемонстрируем, каким образом *методически продуманное взаимодействие дисциплин в ИМ «Моделирование» и пересечение содержания учебных программ* ведет к формированию устойчивых знаний по каждой дисциплине, умений их применять в стандартных ситуациях и овладению студентами заданными компетенциями. В этом и состоит назначение и результат функционирования выделенного модуля.

Для учебных дисциплин «Высшая математика», «Информатика» и «Физика» указываются единые компетенции для формирования: УК-2 – Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий; БПК-1 – Применять знания естественнонаучных учебных дисциплин для экспериментального и теоретического изучения, анализа и решения прикладных задач перера-

ботки природных энергоносителей; БПК-2 – Применять основные методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения профессиональных задач.

Результаты анкетирования студентов выделенной специальности, а также личный педагогический опыт показал, что навыки познавательной самостоятельности сформированы у студентов-первокурсников на недостаточном уровне [15]. Поэтому для повышения уровня усвоения знаний, умений и навыков по отдельным дисциплинам, а значит, успешного формирования заданных стандартом компетенций необходимо *обучение студентов методам эффективной самостоятельной работы с учебным материалом.* В соответствии с этим перед преподавателями, работающими в ИМ «Моделирование», ставятся следующие основные задачи: дать необходимые знания, умения и навыки по своей дисциплине, при этом сохраняя ее идентичность и целостность; обучать единым методам эффективной самостоятельной работы (структурированию, систематизации, логической организации учебной информации с помощью графических схем, информационных таблиц, частных алгоритмов решения задач, эвристических и алгоритмических предписаний [16, 17]); применять междисциплинарные задачи и проекты; проводить мониторинг формирования указанных выше компетенций.



Рис. 1. Учебно-методический комплекс нового поколения

Fig. 1. Educational and methodological complex of a new generation

До начала работы со студентами-первокурсниками преподаватели ИМ согласуют учебные программы дисциплин, учитывают, в рамках каких модулей можно задействовать междисциплинарные задачи, какие знания необходимы для их реализации, какая дисциплина и на каком этапе будет их формировать, какие темы из смежных дисциплин можно продемонстрировать студентам пропедевтически. Следует отметить, что преподаватели ИМ находятся в непрерывном взаимодействии на протяжении всего первого года обучения, срока реализации ИМ «Моделирование» (вносят корректировки в учебные планы, обсуждают формирование навыков самостоятельной работы студентов и компетенций, реализацию междисциплинарных проектов).

Отметим, что преподавание математики для специальностей химико-технологического направления ведется с помощью УМК нового поколения (рис. 1) [18. С. 45].

При разработке структуры и содержания структурных элементов УМК нового поколения для обучения математике студентов технического профиля нами учитывались принципы пролонгации, профессиональной направленности, развивающего обучения. «Принцип пролонгации требует выявления и учета на основе УМК междисциплинарных связей математики с физикой, химией и информатикой, проектирования задач междисциплинарного содержания. Принцип профессиональной направленности отражает единство двух аспектов: содержательного, предусматривающего будущую профессиональную деятельность студентов, и процессуального, требующего совокупности методических средств, систематическое применение которых формирует у студентов опыт использования математического аппарата при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин и в будущей профессиональной деятельности. Принцип развивающего обучения подразумевает разработку поэтапной методики, осуществляющей постепенный переход от методической помощи в решении задач базового к задачам прикладного, творческого уровней» [19. С. 10].

Рассмотрим первый этап обучения математике и информатике в рамках представляемого ИМ «Моделирование». В первом семестре обучения студентов ИМ представлен дисциплинами «Высшая математика» и «Информатика». Учебные программы составлены таким

образом, что данные дисциплины имеют значительное количество пересечений.

Изучение математики начинается с модуля «Элементы линейной алгебры». В курсе дисциплины «Информатика», модуль «Табличный процессор MS EXCEL», выделена только одна лабораторная работа «Приложение MS EXCEL к математическим дисциплинам. Построение графиков функций. Линии тренда», что недостаточно для свободного владения математическими функциями данного приложения. Поэтому для формирования и закрепления навыков работы в Excel с математическими формулами и объектами на каждом лекционном занятии преподаватель математики выделяет 5–7 минут для демонстрации обучаемым вычисления определителя, нахождения обратной матрицы, решения системы с помощью программы Excel.

После изучения каждого модуля в курсе дисциплины «Высшая математика» студентам предлагают задания из «Фонда профессионально ориентированных задач» (структурный элемент УМК). При этом в отдельно выделенные лекционные и практические занятия следует включать задачи междисциплинарного характера (как в задаче 1). Решение задач из названного фонда не только повышает мотивацию студентов к изучению дисциплин из ИМ, но и является реальным методическим средством, связывающим воедино знания из химии, физики, математики и информатики. Таким образом, задачи профессионально ориентированного содержания создают предпосылки для обеспечения междисциплинарной интеграции этих дисциплин, для овладения выделенными стандартом компетенциями.

Задача 1. Установлено, что суммарное давление смесей (бензола, дихлорэтана и хлорбензола) при заданной сохраняемой температуре принимает значения из табл. 1. Определить значения давления пара чистых компонентов.

Таблица 1. Суммарное давление смесей
Table 1. Total pressure of mixtures

Состав смеси, мол. доли Mixture composition, mol. shares			Давление P, Па Pressure P, Pa
N ₁	N ₂	N ₃	
0,80	0,10	0,10	1840
0,20	0,70	0,10	1860
0,05	0,05	0,90	236

Отметим, что изучение дисциплины «Физика» у студентов указанной специальности начинается во втором семестре. Поэтому при решении представленной задачи преподаватель напоминает студентам об изученном в 10 классе в теме «Молекулярная физика» законе Дальтона

$$P = p_1 N_1 + p_2 N_2 + p_3 N_3 = \sum_{i=1}^3 p_i N_i.$$

В соответствии с этим на основе данных таблицы записывается система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

$$\begin{cases} 0,80 p_1 + 0,10 p_2 + 0,10 p_3 = 1840 \\ 0,20 p_1 + 0,70 p_2 + 0,10 p_3 = 1860 \\ 0,05 p_1 + 0,05 p_2 + 0,90 p_3 = 236 \end{cases}.$$

Далее решение концентрируется на решении СЛАУ различными методами. Основное внимание следует уделить решению полученной системы на доске, вручную (с целью понимания алгоритма решения систем линейных уравнений методом Гаусса). Однако методически целесообразно (для реализации междисциплинарной интеграции с информатикой) в процессе организации лекционных занятий по высшей математике показать также уже готовые компьютерные приложения, написанные в системах компьютерной алгебры (Mathcad, Maple, MATLAB), в Excel.

При этом следует подчеркнуть, что все УМК, разработанные по дисциплине «Высшая математика», содержат структурный элемент

«Приложения, разработанные в системах компьютерной алгебры», с которыми заинтересованные студенты могут ознакомиться и применять их при выполнении домашнего задания. Это создает условия для успешного изучения модуля «Работа в системах компьютерной алгебры Mathcad, Maple, Matlab», запланированного в учебной программе дисциплины «Информатика».

Начиная со второго модуля «Элементы математического анализа», на каждом практическом занятии преподаватель выделяет 5–7 минут для демонстрации обучаемым, какими функциями программы Mathcad можно воспользоваться, чтобы проверить правильность выполнения задания.

Следует обратить отдельное внимание, что уже при изучении первого модуля преподаватель приступает к формированию навыков эффективной самостоятельной работы, например, составления графической схемы части изученного модуля. На одном из занятий по изучению модуля «Элементы линейной алгебры» преподаватель составляет совместно со студентами графическую схему (рис. 2). При этом блоки графической схемы появляются по мере ответов студентов.

На основании исследований, проведенных в [16, 17, 20], было установлено, что наиболее эффективным при построении модели графической схемы является метод эвристического диалога преподавателя и обучающихся (табл. 2). При этом графическая схема может быть составлена средствами программы Pow-

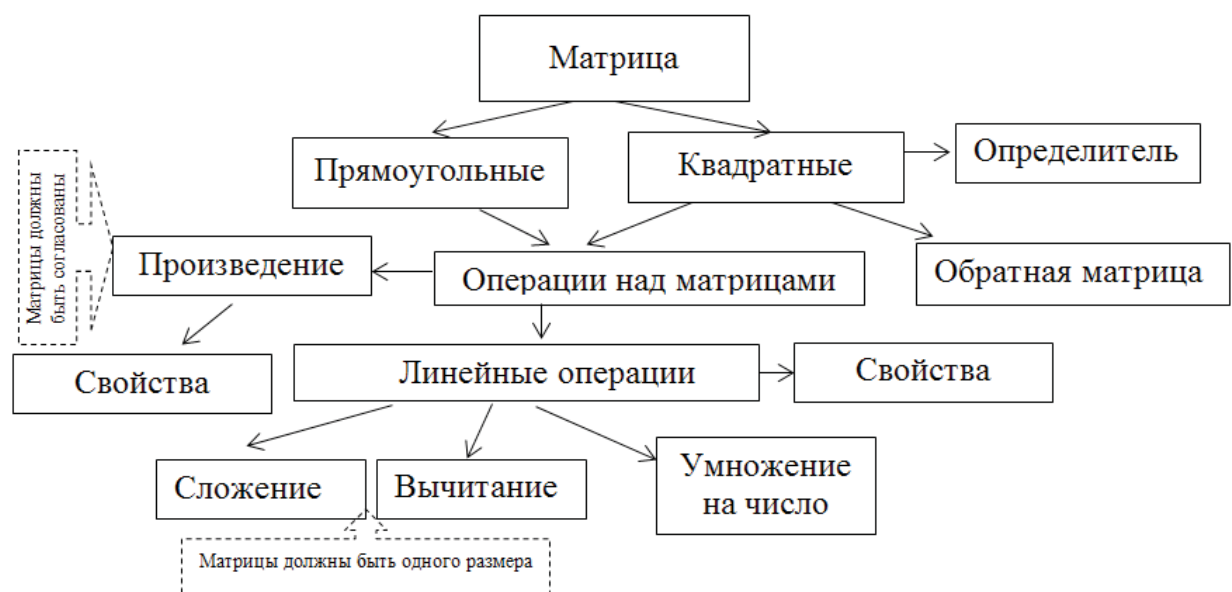


Рис. 2. Графическая схема «Матрица»

Fig. 2. Graphic scheme «Matrix»

Таблица 2. Пример эвристической беседы для составления графической схемы «Матрица»
Table 2. Example of a heuristic conversation for drawing up a graphic diagram “Matrix”

Вопрос преподавателя/Teacher's question	Ответ студентов/Students' response
Какое ключевое математическое понятие мы с вами изучили на данном этапе? What key mathematical concept have we learned so far?	Матрица/Matrix
Какие виды матриц были изучены? What types of matrices have been studied?	Прямоугольные и квадратные Rectangular and square
Что важно знать о матрицах для правильного их применения? What is important to know about matrices for their correct use?	Операции над матрицами Operations on matrices
Какие операции над матрицами мы рассмотрели? What operations on matrices have we considered?	Линейные, произведение матриц, нахождение обратной матрицы Linear, product of matrices, finding the inverse of a matrix
Что важно знать при выполнении операций над матрицами? What is important to know when performing operations on matrices?	Их свойства/Their properties
Какие линейные операции над матрицами были изучены? What linear operations on matrices have been studied?	Сложение, вычитание и умножение на число Addition, subtraction and multiplication by number
Какой численной характеристикой обладает квадратная матрица? What numerical characteristic does a square matrix have?	Определитель/Determinant
Если определитель квадратной матрицы не равен нулю, мы можем найти? If the determinant of a square matrix is not zero, can we find?	Обратную матрицу/Inverse matrix
Каким образом мы можем дополнить нашу графическую схему? Что важно знать для выполнения произведения матриц, их сложения и вычитания? How can we complement our graphical diagram? What is important to know to perform matrix product, addition and subtraction?	Произведение матриц – матрицы должны быть согласованы. Сложение и вычитание матриц – матрицы должны быть одного размера Product of matrices – matrices must be consistent. Addition and subtraction of matrices – matrices must be the same size



Эвристическое предписание

Для наиболее эффективного структурирования и запоминания информации целесообразно придерживаться следующего алгоритма:

- Сначала быстро прочитайте текст и выделите для себя основные понятия.
- Установите связь между основными понятиями.
- Создайте графическую схему, учитывающую основные понятия и связи между ними.
- Еще раз внимательно прочитайте текст и дополните основные мысли и идеи нужной информацией.
- Вернитесь к работе с учебной информацией, но не читайте материал, а просматривайте его, причем полезно просматривать в обратном направлении, от конца к началу.
- По ходу работы с материалом необходимо повторять связь основных понятий друг с другом и проговорить их определения. Такое обратное прохождение позволит прочнее запомнить материал.

Рис. 3. Эвристическое предписание для структурирования, составления графической схемы информации, ее запоминания

Fig. 3. Heuristic prescription for structuring, drawing up a graphical diagram of information, and memorizing it

erPoint. Для более свободного общения со студентами целесообразно использовать презентор для появления на экране объектов схемы:

Эвристическая беседа может состоять из вопросов, представленных в табл. 2.

Обязательно следует показать студентам саму структуру презентации, так как изучение возможностей программы MS POWERPOINT входит в школьную программу, и в дальнейшем в дисциплине «Информатика» также запланирован к изучению модуль «Технология подготовки презентаций в MS POWERPOINT».

После составления графической схемы студентам предлагается эвристическое предписание (рис. 3).

После освоения темы, посвященной изучению способов решения систем линейных алгебраических уравнений, студентам предлагается уже самостоятельно составить графическую схему. Преподаватель может сделать некоторые замечания по составлению графических схем, дать советы, сконцентрировать внимание на недочетах.

На рис. 4 представлены образцы графических схем по теме «Системы линейных уравнений» в том виде, в котором они были составлены студентами. Разумеется, они не являются совершенными: для студентов это первые попытки структурирования, систематизации, логической организации математической информации. Они не в полной мере отвечают требованиям ГОСТ 19.701–90, но они свидетельствуют о продуктивности мыслительной деятельности студентов и показывают результат их познавательной самостоятельности преобразующе-воспроизводящего уровня.

Для студентов химико-технологических специальностей одним из самых важных модулей для изучения в первом семестре явля-

ется модуль «Дифференцирование функции одной переменной». Указанный модуль обладает значительным потенциалом в реализации междисциплинарных связей не только со смежными дисциплинами, входящими в ИМ «Моделирование», но также и с дисциплинами специального и общепрофессионального циклов.

На практических занятиях по высшей математике следует рассмотреть несколько задач физического содержания (задача 2, 3), что усилит междисциплинарные связи внутри ИМ, химического (задача 4) и экономического (задача 5) содержания, что подчеркнет связь дисциплин ИМ «Моделирование» (математики, информатики) с дисциплинами ИМ «Химическая базовая подготовка» (Теоретические основы химии) и ИМ «Социально гуманитарный» (Основы реинжиниринга бизнес-процессов/Инновационный менеджмент) и установит связь между ИМ.

Задача 2.

Приращение температуры идеального газа $\Delta T = dT$. Найти дифференциал его внутренней энергии.

Задача 3.

Газовая смесь состоит из оксида азота NO и кислорода O₂. Требуется найти концентрацию кислорода, при которой содержащийся в смеси оксид азота окисляется с наибольшей скоростью.

Задача 4.

Завод по переработке нефти выпускает x т бензина в день. Имеется договор, по которому завод обязан поставлять автопаркам Республики Беларусь каждый день не менее 20 т бензина. Возможности завода позволяют производить не более 90 т бензина в день. Необходимо выяснить, при каком объеме удельные затраты производства будут максимальными

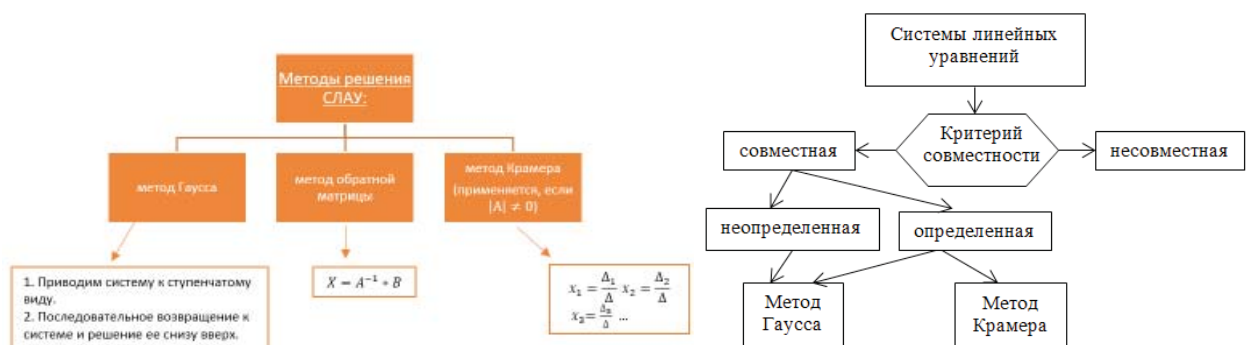
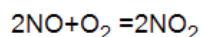


Рис. 4. Графические схемы модуля, составленные студентами
Fig. 4. Graphic diagrams of the module compiled by students

5. Установить, при каком процентном содержании кислорода в газовой смеси скорость окисления оксида азота будет максимальной.



$$v = k \cdot [\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]$$

v -скорость реакции

x -концентрация NO

y -концентрация O₂

100-Вся газовая смесь

k -константа скорости реакции, не зависящая от концентрации, а зависящая только от температуры.

$$y = 100 - x \quad v = k \cdot x^2 (100 - x) = k(100x^2 - x^3) \quad v := k \cdot (100x^2 - x^3)$$

Найдем 1-ую производную этой функции:

$$\frac{d}{dx} v \rightarrow k \cdot (200 \cdot x - 3 \cdot x^2)$$

Given

$$k \cdot (200 \cdot x - 3 \cdot x^2) = 0$$

$$\text{Find}(x) \rightarrow \left(0 \quad \frac{200}{3} \right)$$

k -не может быть равно 0, значит $x = 66,7\%$

Рис. 5. Образец решения студентом задачи 3 в Mathcad

Fig. 5. Sample of a student's solution to problem 3 in Mathcad

при условии, что функция затрат имеет вид: $K = -x^3 + 98x^2 + 200x$.

Кроме традиционного решения задач, студентам предлагается представить решения в системах компьютерной алгебры, которые в дальнейшем с целью мотивации поощряются дополнительными баллами к экзамену. На рис. 5 приведен пример решения задачи 5.

В рассматриваемом модуле студенты выполняют внеаудиторную контрольную работу (ВКР) (индивидуальный вариант у каждого), которая также содержит задачу междисциплинарного содержания. Таким образом каждый студент будет иметь опыт работы с математическим моделированием заданий междисциплинарного содержания (физики, химии, экономики, экологии, в зависимости от варианта). Следует отметить, что одна из ВКР по информатике предполагает выполнение всех заданий из ВКР из модуля «Дифференцирование функции одной переменной» по математике в системах компьютерной алгебры (Maple или Mathcad на выбор).

Модули, посвященные изучению элементов векторной алгебры и аналитической геометрии, также содержат значительные пересечения с физикой и информатикой. Поэтому на лекционных и лабораторных занятиях по

информатике начинается пропедевтическое изучение поверхностей второго порядка. В процессе изучения возможности использования графического блока Maple и Mathcad студенты выполняют построения эллипсоида, параболоида, цилиндров и других поверхностей. Это служит основанием для эффективного овладения темой «Поверхности второго порядка» уже в курсе высшей математики. С помощью освоенных в курсе информатики программ студенты могут анализировать, как изменение различных параметров влияет на форму поверхностей и тел, образованных их пересечением. Представленный методический прием оказывает положительное влияние на развитие пространственного воображения студентов. Он имеет целью формирование у них способностей как вручную, так и с помощью СКА выполнять не только построение поверхностей, но и их пересечение. Это позволит им в дальнейшем успешно применять полученные знания при изучении дисциплины «Инженерная и машинная графика».

Во всех модулях дисциплины «Высшая математика» студенты структурируют, систематизируют и логически организуют учебный материал с помощью графических схем, информационных таблиц. В модуле «Векторная

алгебра» добавляется еще один элемент – «Частный алгоритм решения заданий», пример применения которого мы рассмотрим далее.

Таким образом, *междисциплинарная среда* при изучении дисциплин «Высшая математика» и «Информатика» *формируется за счет разнообразных форм регулярного междисциплинарного взаимодействия с постепенным введением форм систематизации, структурирования и логической организации сложной учебной информации*. Поэтапное усложнение предьявляемого теоретического и практического материала и постепенная конвергенция дисциплин позволяет на отдельно выделенных занятиях по высшей математике и информатике создать междисциплинарную среду. При этом не теряется внутривидисциплинарная составляющая учебных предметов, сохраняется их идентичность. Дисциплины дополняют друг друга благодаря единым методам, формам и средствам, применяемым педагогами, реализующими интегрированный модуль. Представленная методика организации обучения студентов в рамках ИМ «Моделирование» позволяет отслеживать начало формирования указанных стандартом компетенций и устойчивость навыков самостоятельной работы студентов со сложным учебным материалом.

На втором этапе функционирования ИМ (второй семестр) продолжается изучение дисциплины «Высшая математика» и присоединяется третья его дисциплина – «Физика». На этом этапе изучения математики содержатся самые важные модули, которые имеют значительные междисциплинарные связи не только с физикой, но и с общепрофессиональными и специальными дисциплинами, такими как «Процессы и аппараты химической технологии», «Физическая химия», «Численные методы», «Промышленная экология».

При изучении дисциплины «Физика» преподаватель отслеживает навыки самостоятельной работы студентов (систематизации, структурирования, логической организации учебного материала в графические схемы и информационные таблицы, частные алгоритмы решения задач и др.). Методика обучения физике и организационная деятельность преподавателя строятся на тех же принципах, методических подходах, что и обучение высшей математике и информатике. При этом продолжается формирование закрепленных за физикой выделенных стандартом компетенций.

Преподаватели физики обращаются к информационным таблицам, составленным студентами при изучении высшей математики: «Неопределенный интеграл», «Элементы векторной алгебры» и другие. На лекционных занятиях демонстрируют вывод формул с применением математического аппарата, тем самым показывая междисциплинарную связь двух дисциплин. Применяются системы компьютерной алгебры для вычислительных операций. Таким образом, за счет многократного отслеживания формирования компетенций в трех различных дисциплинах у студентов не только вырабатываются навыки более глубокого проникновения в суть изучаемых дисциплин, но и формируются навыки самостоятельной работы с учебным, научным материалом.

В программе по информатике запланировано изучение таких тем, как статистический анализ и обработка данных с применением MS EXSEL и SPPS. Изучение этого программного обеспечения, а также пропедевтическое введение понятий из математической статистики заметно усиливает позиции высшей математики при изучении этих разделов в условиях существенного сокращения часов. Следует отметить важность указанных разделов для профессиональной деятельности. Несомненно, опыт и компетенции, полученные и сформированные студентом в процессе использования специализированных программных сред (MS EXSEL, Mathcad, Matlab, Maple, SPPS), являются в настоящее время востребованными не только в аудитории, но и на современном производстве.

В процессе изучения дисциплин ИМ «Моделирование» выполняются задания с применением различных вариантов математических пакетов, различающиеся по алгоритмическому языку, вычислительным и графическим возможностям. Цель предлагаемого методического подхода – помочь обучаемым сделать осознанный выбор из представленных программ и простимулировать развитие их навыков самостоятельной деятельности. При этом происходит формирование соответствующих профессиональных компетенций.

Практика реализации междисциплинарной интеграции, внедряемая в программу обучения выделенных к рассмотрению специальностей, *является важной процессуальной составляющей* обучения инженеров-технологов, ведущей к развитию контекстуального мышле-

ния, более глубокому пониманию математического аппарата и его применению не только в задачах смежных дисциплин естественнонаучного цикла, но и при изучении специальных и общепрофессиональных дисциплин.

Во втором семестре также начинается изучение одной из дисциплин ИМ «Специальная химическая подготовка и физико-химические методы анализа» – «Численные методы». В процессе непосредственной профессиональной деятельности инженеру-химику-технологу постоянно приходится иметь дело с выполнением приближенных вычислений разнообразного назначения, различной степени точности и сложности. Следует отметить, что часто возникает необходимость в приближенных решениях нелинейных уравнений для быстрого и достаточно точного определения выходов химических продуктов, расчетов балансов сырья в сложных химических процессах и многое другое. Достаточно часто инженеру-технологу приходится прибегать к математическому аппарату приближенного дифференцирования и интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений, а также дифференциальных уравнений в частных производных. Названный математический инструментарий особенно важен в ходе получения и практического использования данных по кинетике химических процессов.

Для специалистов химического профиля существует востребованность во владении статистическими методами обработки результатов наблюдений. Химику-исследователю указанные методы требуются при статистической обработке данных эксперимента, расчете погрешностей. Инженеру-технологу приходится на основании статистических методов и оценки параметров распределения определять качество поступающего на технологический процесс сырья, а также готовой продукции.

В этой связи следует подчеркнуть, что выполняемые студентами лабораторные работы, наряду с возможностью иллюстрировать междисциплинарную связь изучаемых дисциплин, призваны также представить набор конкретных профессионально ориентированных задач. Эти задачи должны содержать инженерную и экологическую составляющие, наиболее востребованные для будущей профессиональной деятельности специалистов химико-технологического профиля.

Можно утверждать, что на лабораторных занятиях по дисциплине «Численные мето-

ды» проверяется наличие или отсутствие, или недостаточная сформированность компетенций, овладение которыми должна обеспечить междисциплинарная интеграция дисциплин, входящих в ИМ «Моделирование». Преподаватель указанной дисциплины проверяет уровень успешности формирования таких компетенций, как УК-2, БПК-1, БПК-2.

Важно при этом отметить, что сама дисциплина способствует формированию следующих специальных компетенций: СК-1 – Моделировать физические и химические процессы и явления, лежащие в основе технологии переработки природных энергоносителей, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения; СК 2 – Владеть физико-химическими методами оценки качества и свойств природных энергоносителей и продуктов их переработки, проводить стандартные лабораторные испытания, анализировать современные требования к качеству продукции; СК-3 – Применять пакеты прикладных программ для технологических расчетов оборудования, блоков промышленных установок, использовать современные информационные технологии в моделировании технологических процессов переработки природных энергоносителей. Очевидно, что указанные компетенции проблематично сформировать без фундаментальной поддержки дисциплин ИМ «Моделирование».

Эффективной формой демонстрации *успешного формирования заданных компетенций* является выступление студентов первого курса на студенческой конференции. Задания для докладов предварительно согласовываются с выпускающей кафедрой. Они обязательно носят профессионально ориентированный характер, предполагают разработку и оценку математической модели, краткие теоретические сведения по объекту исследования и проектированию частного алгоритма решения задачи. Тем самым, представляют собой междисциплинарные проекты (например, задача 5).

Задача 5.

В цистерне находится раствор объемом 800 дм^3 , содержащий 200 кг аммиака. В указанную емкость ежеминутно поступает 100 дм^3 воды. В основании цистерны возникла трещина, через которую вытекает 1 дм^3 раствора. За счет перемешивания концентрация аммиака в емкости сохраняется равномерной. Определить потери аммиака в цистерне через 40 мин после обнаружения трещины (рис. 6).

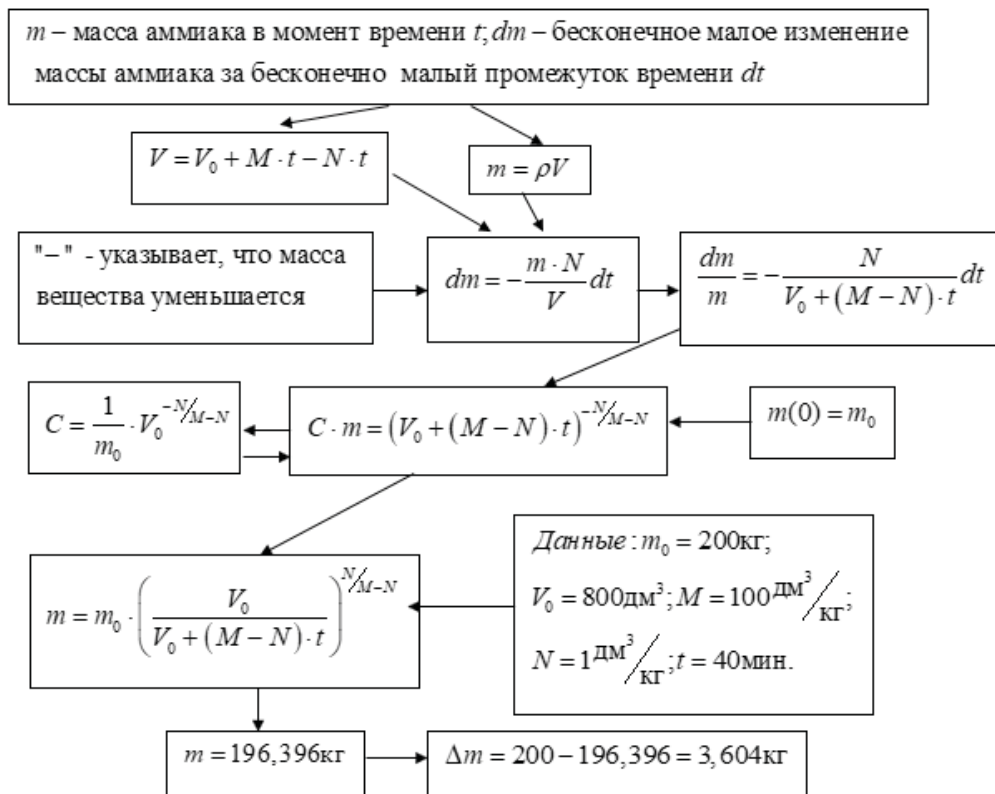


Рис. 6. Частный алгоритм решения задачи 5, составленный студентом
 Fig. 6. Particular algorithm for solving problem 5, compiled by a student

Значимость представленного алгоритма (пусть не в полной мере совершенного), в первую очередь, состоит в том, что в нем студент демонстрирует свои способности в структурировании и логической организации решения сложной профессионально ориентированной задачи, подтверждает высокий уровень своей познавательной самостоятельности творческого уровня, глубокую осознанность в составлении математической модели задачи и ее решения.

Для выступления на конференции студенты готовят доклады, на презентации которых присутствуют преподаватели выпускающих кафедр. В случае, если предлагаемая реализация междисциплинарного проекта, представленная математическая модель, выступление докладчика одобряются и принимаются комиссией, а также получают высокую оценку, исследуемая модель затем используется в процессе организации курсового проектирования.

Обратим отдельное внимание, что студенты в процессе обучения в ИМ «Моделирование» ранее готовились к выполнению междисциплинарных проектов через овладение соответствующими дисциплинами и заданными стандартом компетенциями. Ни один из

элементов выполнения проекта не является абсолютно новым для студентов: подготовка презентации и выступление с докладом: контрольное мероприятие при сдаче модуля «Технология подготовки презентаций в MS POWERPOINT» (информатика); решение задач профессионально ориентированного характера с составлением математической модели и представление частного алгоритма решения задачи (математика, физика); работа с системами компьютерной алгебры (математика, информатика).

В процессе экспериментальных исследований результативности разработанной методики функционирования ИМ выделялись входной и результативный этапы. Приведем отдельные статистические данные (рис. 7), которые свидетельствуют о том, что в экспериментальной группе (ЭГ) увеличилась доля студентов творческого уровня обучения. Полученные результаты свидетельствуют также, что методически обоснованное и спроектированное обучение в рамках ИМ обеспечивает достижение практически всеми студентами ЭГ базовых результатов обучения дисциплинам, входящим в интегрированный модуль «Моделирование».

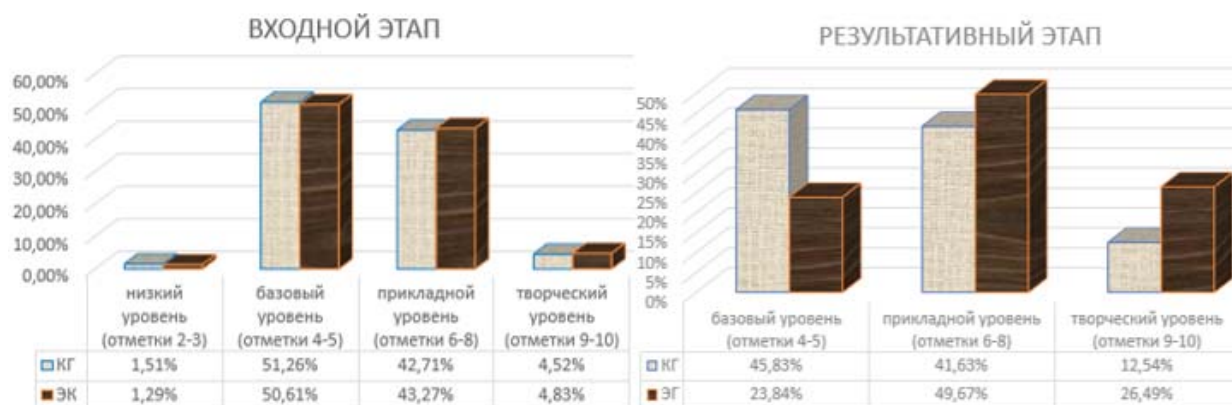


Рис. 7. Динамика уровня сформированности знаний в КГ и ЭГ

Fig. 7. Dynamics of a knowledge formation level in the control group and experimental group

Заключение

Таким образом, на примере обучения студентов математике и информатике предлагается методика поэтапного вовлечения будущих инженеров-технологов в активную самостоятельную познавательную деятельность творческого характера с выходом на способность решения реальных профессионально ориентированных задач. Овладение студентами компетенциями этой деятельности нацелено на формирование творческого специалиста с исследовательским стилем мышления, владеющего компетенциями выполнения проектов с помощью математического моделирования.

Основной формой внедрения разработанной методики в практику обучения студентов инженерно-технологического профиля является интегрированный модуль, объединяющий несколько дисциплин. Эти дисциплины имеют наиболее полные пересечения как в их содержании, так и по выделенным стандартам компетенциям, которые они обязаны формировать.

Оргуправленческая деятельность преподавателей строится в рамках интегрированного модуля на единых методических началах (на основе взаимодействия компетентностного и

междисциплинарного подходов, принципов пролонгации, профессиональной направленности, развивающей деятельности). Она имеет целью оказание помощи студентам в овладении определенным объемом знаний, соответствующими компетенциями, в получении опыта решения задач профессиональной направленности.

Интегрированный модуль сориентирован на формирование высокого уровня индивидуального потенциала будущих специалистов. Он методически разработан так, что содержит возможности и условия для развития у них способностей творчески объединять, генерировать идеи из многообразных направлений науки и современного производства. В процессе выполнения проектов междисциплинарного характера студент ставится в условия необходимости развивать, владеть, демонстрировать наличие и уровень этих способностей и заданных стандартом компетенций. «При этом создаются оптимальные условия для получения нового, более высокого уровня образования в соответствии с общественными интересами, а также с наклонностями и способностями личности» [21. С. 206].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белохвостов А.А., Аршанский Е.Я. Непрерывная предметно-методическая подготовка учителя: теоретико-методологические аспекты // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2018. – № 6 (56). – С. 113–123. DOI: 10.24411/2224-0772-2018-10033. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nepreryvnaya-predmetno-metodicheskaya-podgotovka-uchitelya-teoretiko-metodologicheskie-aspekty> (дата обращения: 21.08.2023).
2. Макет образовательного стандарта I ступени. Приказ Министерства образования Республики Беларусь от 18.07. 2018 г. № 594. URL: <https://edustandart.by/baza-dannykh/normativnye-pravovye-dokumenty/item/1971-maket-obrazovatel'nogo-standarta-vysshego-obrazovaniya-i-stupeni> (дата обращения: 22.08.2023).
3. Арутюнян Р.В. Установка междисциплинарных и межпредметных связей профессиональной дисциплины как составляющая междисциплинарная интеграция (на примере подготовки ба-

- калавров-связистов) // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2015. – № 2. – С. 229–232. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustanovka-mezhdistsiplinarnyh-i-mezhpredmetnyh-svyazey-professionalnoy-distsipliny-kak-sostavlyayuschaya-mezhdistsiplinarnaya> (дата обращения: 21.08.2023).
4. Brovka N., Medvedev D. Factors and didactic characteristics that determine the information and educational environment to the university // CEUR Work shop Proceedings. 4th International Conference on Informatization of Education and E-learning Methodology: Digital Technologies in Education. – Krasnoyarsk, Russia, October 6–9, 2020. – V. 2770. – P. 103–110. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85097898033&origin=inward&txGid=I708924le5639fe3faec9df4ac5612e> (дата обращения: 21.08.2023).
 5. Бушмакина Ю.В. Междисциплинарный подход в современном историческом знании // Вестник ПГГПУ. Серия № 3. Гуманитарные и общественные науки. – 2017. – № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdistsiplinarnyy-podhod-v-sovremennom-istoricheskom-znanii> (дата обращения: 21.08.2023).
 6. Жук О.Л. Междисциплинарная интеграция на основе принципов устойчивого развития как условие повышения качества профессиональной подготовки студентов // Веснік БДУ. Серыя 4: Філалогія. Журналістыка. Педагогіка. – 2014. – № 3. – С. 64–70. EDN: XCZPUB.
 7. Поршнева О.С. Становление междисциплинарной парадигмы исторического знания, ее возможности и ограничения // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия «История, филология». – 2013. – Т. 12. – № 1. – С. 84–91. EDN PUNKIN.
 8. Савина А.К. Междисциплинарные научно-педагогические исследования в современной Польше: реальность и риски // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2018. – № 1 (46). – С. 44–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdistsiplinarnye-nauchno-pedagogicheskie-issledovaniya-v-sovremennoy-polshe-realnost-i-riski> (дата обращения: 21.08.2023).
 9. Шестакова Л.А. Междисциплинарная интеграция как методологическая основа современного образовательного процесса // Образовательные ресурсы и технологии. – 2013. – № 1 (2). – С. 47–52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdistsiplinarnaya-integratsiya-kak-metodologicheskaya-osnova-sovremennoy-obrazovatel'nogo-protsessa> (дата обращения: 21.08.2023).
 10. Образовательный стандарт высшего образования. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-48 01 03 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»: ОСВО 1-48 01 03-2021. Введ. 30.08.2021. – Минск: М-во образования Респ. Беларусь: РИВШ, 2021. – 32 с.
 11. Мирский Э.М. Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки – М.: Наука, 1980. – 243 с.
 12. Кондратьева А.Л. Подходы к организации самостоятельной работы студентов в вузе на основе междисциплинарной интеграции ее содержания // Совет ректоров. – 2013. – № 7. – С. 18–22. EDN RCQKXL.
 13. Мателенок А.П., Вакульчик В.С. Междисциплинарная интеграция как основа обучения математике студентов технических специальностей // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. – 2022. – № 206. – С. 167–180. DOI 10.33910/1992-6464-2022-206-167-183.
 14. Бурая И.В. Опыт реализации компетентностно-модульного подхода в подготовке инженеров-химиков-технологов для нефтеперерабатывающей промышленности // Вышэйшая школа. – 2015. – № 6. – С. 8–12.
 15. Мателенок А. П., Вакульчик В.С. Содержательно-методический и оргуправленческий аспекты проектирования и функционирования систематического контроля как важной компоненты УМК в процессе обучения студентов технических специальностей // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2015. – № 2–3 (86–87). – С. 108–117. EDN UIJPCZ.
 16. Мателенок А.П. Элементы эвристического обучения математике в компонентах УМК нового поколения // Матэматыка. – 2019. – № 6. – С. 45–52.
 17. Вакульчик В.С., Мателенок А.П. Метод построения частных алгоритмов как методический прием реализации когнитивно-визуального подхода в обучении математике студентов технических специальностей // Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. – 2015. – № III (22). – С. 18–23. EDN UOYZRS.
 18. Вакульчик В.С., Мателенок А.П. Проектирование учебно-методического комплекса в обучении математике студентов технических специальностей на методологическом уровне // Вестник Полоцкого государственного университета Сер. Е, Пед. науки. – 2019. – № 7. – С. 40–49. EDN QGAVCS.
 19. Мателенок А.П. Научно-методические основы разработки и использования учебно-методического комплекса по математике для студентов технических специальностей (на примере специальностей «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Системы водного хозяйства и теплогазоснабжения»): автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Минск, 2020. – 29 с.
 20. Мателенок А.П. Статистическая проверка эффективности учебно-методического комплекса по математике как средства оптимизации самостоятельной деятельности студентов технических специальностей // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2019. – № 1 (102). – С. 99–106.
 21. Кондратьев В.В., Иванов В.Г. Подготовка преподавателей к обучению будущих инженеров на основе междисциплинарного подхода // Инженерное образование. – 2016. – № 20. – С. 199–206. EDN XIRIKN.

Поступила: 27.08.2023

Принята: 07.12.2023

UDC 372.8

DOI 10.54835/18102883_2023_34_3

EFFECTIVE METHODS OF TRAINING FOR CHEMICAL TECHNOLOGIST: AN INTEGRATED MODULE

Anastasia P. Matelenak,

Cand. Sc., Associate Professor,
ORCID 0009-0003-5191-5366;
kyznetsova@tut.by, atess@rambler.ru

Valentina S. Vakulchik,

Cand. Sc., Associate Professor,
ORCID 0009-0006-6264-9528
Vaculchik@tut.by

Polotsk State University,
29, Blokhin street, Novopolotsk, 211440, Republic of Belarus

The article deals with the problem of implementing the interaction of competence-based and interdisciplinary approaches in formation of competencies as a given result of teaching students of a technical profile. The authors propose a specific effective methodological form that provides one of the possible ways to solve the identified problem regarding teaching mathematics and computer science to chemical engineers using a new methodological tool: an integrated module. The article provides a definition of integrated module and shows that introduction of the selected approaches into student learning in interconnection and complementarity is a unifying factor and the basis for formation of the given competencies of a future specialist. The paper considers a step-by-step methodology for introducing the integrated module using a new generation of teaching materials into practice of teaching mathematics and computer science. Specific methodological means of organisational and managerial activity of teachers of disciplines in teaching uniform methods of effective independent work are singled out from the integrated module. Special attention is given to the use of interdisciplinary tasks and projects. Methodologically thought-out interaction of disciplines in the integrated module leads to a coordinated transmission of educational information by teachers, both within each individual discipline and between disciplines. Thus, the integral functioning of the competence and interdisciplinary approaches, taking into account the interaction of content and process components included in the standard of disciplines, serves to ensure the integrity and continuity of learning. Ultimately, it creates a high potential for students to achieve a given learning outcome.

Key words: competence-based approach, interdisciplinary approach, interdisciplinary integration, integrated module, specified learning outcomes.

REFERENCES

1. Belokhvostov A.A., Arshansky E.Ya. Nepreryvnaya predmetno-metodicheskaya podgotovka uchitelya teoretiko metodologicheskie aspekty [Continuos discipline-methodical preparation of the teacher: theoretical and methodological aspects] *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, 2018, vol. 1, no. 6 (56), pp. 113–123. DOI: 10.24411/2224-0772-2018-10033. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/nepreryvnaya-predmetno-metodicheskaya-podgotovka-uchitelya-teoretiko-metodologicheskie-aspekty> (accessed: 21.08.2023).
2. *Maket obrazovatel'nogo standarta i stupeni prikaz ministerstva obrazovaniya respubliki Belarus ot 18.07. 2018 No. 594* [Model of the educational standard of the 1st stage. Order of the Ministry of Education of the Republic of Belarus dated 18.07. 2018 No. 594]. Available at: <https://edustandart.by/baza-dannykh/normativnye-pravovye-dokumenty/item/1971-maket-obrazovatel'nogo-standarta-vysshego-obrazovaniya-i-stupeni>. (accessed: 22.08.2023).
3. Arutyunyan R.V. Ustanovka mezhdisciplinarnykh i mezhpredmetnykh svyazey professionalnoy distsipliny kak sostavlyayushchaya mezhdistsiplinarnaya integratsiya na primere podgotovki bakalavrov svyazistov [Establishing interdisciplinary and intersubject connections of a professional discipline as a component of interdisciplinary integration (on the example of training bachelors of communications specialists)]. *Gumanitarnye, sotsialno-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki*, 2015, no. 2, pp. 229–232.
4. Brovka N., Medvedev D. Factors and didactic characteristics that determine the information and educational environment to the university. *CEUR Work shop Proceedings. 4th International Conference on Informatization of Education and E-learning Methodology: Digital Technologies in Education*.

- Krasnoyarsk, Russia, October 6–9, 2020. Vol. 2770, pp. 103–110. Available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85097898033&origin=inward&txGid=17089241e5639fe3faec9df4ac5612e> (accessed: 21.08.2023).
5. Bushmakina Yu.V. Mezhdistsiplinarny podkhod v sovremenom-istoricheskom znanii [Interdisciplinary approach in modern historical knowledge]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. Seriya 3. Gumanitarnye i obshchestvennye nauki*, 2017, no. 2, pp. 7–20. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdistsiplinarnyy-podhod-v-sovremenom-istoricheskom-znanii> (accessed: 21.08.2023).
 6. Zhuk O.L. Mezhdisciplinarnaya integratsiya na osnove printsipov ustoychivogo razvitiya kak uslovie povysheniya kachestva professionalnoy podgotovki studentov [Interdisciplinary integration based on the principles of sustainable development as a condition for improving the quality of professional training of students]. *Journal of Belarusian State University. Seriya 4: Filologiya. Zhurnalistyka. Pedagogika*, 2014, no. 3, pp. 64–70. EDN: XCZPUB
 7. Porshneva O.S. Stanovlenie mezhdistsiplinarnoy paradigmy istoricheskogo znaniya ee vozmozhnosti i ogranicheniya [The formation of an interdisciplinary paradigm of historical knowledge, its possibilities and limitations]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Istoriya, filologiya*, 2013, vol. 12, no. 1, pp. 84–91. EDN: PUNKIN
 8. Savina A.K. Mezhdistsiplinarnye nauchno pedagogicheskie issledovaniya v sovremennoy Polshe: realnost i riski [Interdisciplinary scientific and pedagogical research in modern Poland: reality and risks]. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, 2018, vol. 1, no. 1 (46), pp. 44–59. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdistsiplinarnye-nauchno-pedagogicheskie-issledovaniya-v-sovremennoy-polshe-realnost-i-riski> (accessed: 21.08.2023).
 9. Shestakova L.A. Mezhdistsiplinarnaya integratsiya kak metodologicheskaya osnova sovremenno obrazovatel'nogo protsessa [Interdisciplinary integration as a methodological basis of the modern educational process]. *Obrazovatelnye resursy i tekhnologii*, 2013, no. 1 (2), pp. 47–52. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdistsiplinarnaya-integratsiya-kak-metodologicheskaya-osnova-sovremenno-obrazovatel'nogo-protsessa> (accessed: 21.08.2023).
 10. *Obrazovatelny standart vysshego obrazovaniya. Vysshee obrazovanie. Pervaya stupen. Spetsialnost 1-48-01-03 "Khimicheskaya tekhnologiya prirodnykh energonositeley i uglerodnykh materialov": OSVO 1-48 01 03-2021* [Educational standard of higher education. Higher education. First stage. Specialty 1-48 01 03 "Chemical technology of natural energy carriers and carbon materials": OSVO 1-48 01 03-2021.] Minsk, Ministry of Education Rep. Belarus, RIVSh, 2021. 32 p.
 11. Mirsky E.M. Mezhdistsiplinarnye issledovaniya i distsiplinarnaya organizatsiya nauki [Interdisciplinary research and disciplinary organization of science]. Moscow, Nauka Publ., 1980. 243 p.
 12. Kondratieva A.V. Podkhody k organizatsii samostoyatel'noy raboty studentov v vuze na osnove mezhdisciplinarnoy integratsii ee sodержaniya [Approaches to the organization of independent student work at the university based on the interdisciplinary highest degree of content]. *Sovet rektorov*, 2013, no. 7. pp. 18–22. EDN: RCQKXL.
 13. Matelenok A.P., Vakulchik V.S. Mezhdistsiplinarnaya integratsiya kak osnova obucheniya matematike studentov tekhnicheskikh spetsialnostey [Interdisciplinary integration as a basis for teaching mathematics to engineering students]. *Izvestiya RGPU im. A.I. Herzen*, 2022, no. 206, pp. 167–180. DOI: 10.33910/1992-6464-2022-206-167-183
 14. Buraya I.V. Opyt realizatsii kompetentnostno modul'nogo podkhoda v podgotovke inzhenerov khimikov tekhnologov dlya neftepererabatyvayushchey promyshlennosti [Experience in implementing a competency-based modular approach in the training of chemical engineers and technologists for the oil refining industry]. *Vyshaya shkola*, 2015, no. 6 (110), pp. 8–12.
 15. Matelenok A.P., Vakulchik V.S. Soderzhatel'no metodicheskii i upravlencheskii aspekty proektirovaniya i funkcionirovaniya sistemicheskogo kontrolya kak vazhnoy komponenty UMK v protsesse obucheniya matematike studentov tekhnicheskikh spetsialnostey [Content-methodological and institutional-administrative aspects of design and operation of systematic monitoring as an important component of teaching materials in the process of teaching mathematics to engineering students]. *Vestnik Vizebskogo gosudarstvennogo universita*, 2015, no. 2–3 (86–87), pp. 108–117. EDN: UIJPCZ
 16. Matelenok A.P. Elementy evristicheskogo obucheniya matematike v komponentakh UMK novogo pokoleniya [Elements of heuristic teaching of mathematics in the components of a new generation of teaching materials]. *Matematyka*, 2019, no. 6. pp. 45–52.
 17. Vakulchik V.S., Matelenok A.P. Metod postroeniya chastnykh algoritmov kak metodicheskii priem realizatsii kognitivno vizual'nogo podkhoda v obuchenii matematike studentov tekhnicheskikh spetsialnostey [Particular algorithm method as methodological technique of implementation of cognitive visual approach to teaching engineering students mathematics]. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*, 2015, no. III (22), pp. 18–23.
 18. Vakulchik V.S., Matelenok A.P. Proektirovanie uchebno metodicheskogo kompleksa v obuchenii matematike studentov tekhnicheskikh spetsialnostey na metodologicheskoy urovne [Scientific-methodical bases of designing the educational-methodical complex in teaching the mathematics of tech-

- nical speciality students at the methodological level]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya E: Pedagogicheskie nauki*, 2019, no. 7, pp. 39–48. EDN: QGAVCS.
19. Matelenok A.P. *Nauchno metodicheskie osnovy razrabotki i ispolzovaniya uchebno metodicheskogo kompleksa po matematike dlya studentov tekhnicheskikh spetsialnostey na primere spetsialnostey «Khimicheskaya tekhnologiya prirodnykh energonositeley i uglerodnykh materialov sistemy vodnogo khozyaystva i teplogazosnabzheniya»*. Avtoreferat Diss. Cand. nauk [Scientific and methodological foundations for the development and use of the educational and methodological complex in mathematics for students of technical specialties (on the example of specialties «Chemical technology of natural energy carriers and carbon materials», «Systems of water management and heat and gas supply»). Cand. Diss. Abstract]. Moscow, 2020. 29 p.
 20. Matelenok A.P. Statisticheskaya proverka effektivnosti uchebno metodicheskogo kompleksa po matematike kak sredstva optimizatsii samostoyatelnoy deyatel'nosti studentov tekhnicheskikh spetsialnostey [Statistic check of the efficiency of mathematics academic and methodological complex as Means of technical students' individual activities]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, no. 1 (102), pp. 99–106.
 21. Kondratev V.V., Ivanov V.G. Podgotovka prepodavateley k obucheniyu budushchikh inzhenerov na osnove mezhdistsiplinarnogo podkhoda [Engineering teacher training on the basis of interdisciplinary approach]. *Engineering education*, 2016, no. 20, pp. 199–206. EDN: XIRIKN

Received: 27.08.2023

Accepted: 07.12.2023