

УДК 378.147:378.016:51
ББК В1р+Ч448.026

DOI 10.26170/по19-07-17
ГРНТИ 14.35.09

Код ВАК 13.00.02

Липатникова Ирина Геннадьевна,

доктор педагогических наук, профессор, Свердловский областной педагогический колледж; 620014, г. Екатеринбург, ул. Юмашева, 20; e-mail: lipatnikovaig@mail.ru

Мечик Софья Валерьевна,

старший преподаватель, Тюменский индустриальный университет; 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38; e-mail: mechiksv@tyuiu.ru

**ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ
К АНАЛИЗУ И ОЦЕНКЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
НА ОСНОВЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ МАТЕМАТИКИ И ДИСЦИПЛИН ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ЦИКЛА**

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: междисциплинарная интеграция; подготовка инженеров; математическое моделирование; кейс-технология; технические вузы; учебные дисциплины.

АННОТАЦИЯ. Современное инженерное образование предполагает наличие профессионально ориентированного компонента при обучении студентов. При этом возникает необходимость изменения содержания учебных дисциплин базового цикла, в том числе и математики. Введение профессионально значимого материала в курс математики позволяет реализовать междисциплинарную интеграцию. Возможности интеграции математики и дисциплин профессионального цикла представлены в отечественных и зарубежных исследованиях. Обучение математике будущих инженеров на основе междисциплинарной интеграции способствует более полному пониманию изучаемых процессов и явлений, встречающихся в профессиональной деятельности. Специфика профессиональной деятельности инженера-технолога предполагает не только знание основных процессов и оборудования химико-технологической системы, но и наличие способности проводить анализ и оценку полученной информации о состоянии всей системы и отдельных ее элементов. Для осуществления подготовки студентов технических вузов к анализу и оценке химико-технологического процесса при обучении математике разработана методика на основе интеграции элементов дисциплин профессионального цикла и дисциплины «Математика». Выделены компоненты подготовки к анализу и оценке (мотивационно-целевой, гносеологический, прагматологический и аксиологический), выбран способ подготовки — метод математического моделирования и средство подготовки - кейс-технология, определены уровни сформированности способности к анализу и оценке химико-технологического процесса. Каждый кейс содержит различные информационно-компетентностные задачи, которые классифицированы по видам математических моделей, используемых для описания изучаемого процесса или явления. Данные задачи позволяют осуществлять связь между выделенными разделами математики и профессионально ориентированными дисциплинами. Приведен пример задачи о теплообменнике, которая направлена на анализ, создание, преобразование и оценку математической модели теплового процесса в теплообменнике, которая представляет дифференциальное уравнение. Проведенный педагогический эксперимент подтверждает эффективность разработанной методики.

Lipatnikova Irina Gennadievna,

Doctor of Pedagogy, Professor, Sverdlovsk Regional Pedagogical College, Ekaterinburg, Russia.

Mechik Sofia Valerievna,

Senior Lecturer, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia.

**TRAINING OF TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS TO ANALYSIS AND EVALUATION
OF THE CHEMICAL-TECHNOLOGICAL PROCESS ON THE BASIS OF INTERDISCIPLINAR
INTEGRATION OF MATHEMATICS AND DISCIPLINES OF THE PROFESSIONAL CYCLE**

KEYWORDS: interdisciplinary integration; training of engineers; math modeling; case technology; technical universities; academic disciplines.

ABSTRACT. Modern engineering education presupposes the presence of a professionally-oriented component in teaching students. In this case, there is a need to change the content of educational disciplines of the basic cycle, including mathematics. The introduction of professionally significant material in the course of mathematics allows for interdisciplinary integration. The possibilities of integrating mathematics and professional cycle disciplines are presented in domestic and foreign studies. Teaching mathematics to future engineers based on interdisciplinary integration contributes to a more complete understanding of the studied processes and phenomena encountered in professional activities. The specifics of the professional activity of the process engineer implies not only knowledge of the basic processes and equipment of the chemical process system, but the ability to analyze and evaluate the information received about the state of the entire system and its individual elements. For the implementation of the training of students of technical universities for the analysis and evaluation of the chemical-technological process in teaching mathematics, a methodology has been developed, based on the integration of elements of the disciplines of the professional cycle and the discipline "Mathematics". Components of preparation for analysis and evaluation (motivational, targeted, epistemological, praxeological, and axiological) are highlighted, the method of

preparation is chosen – the method of mathematical modeling and the case-technology preparation means; Each case contains a variety of information and competence tasks, which are classified according to the types of mathematical models used to describe the process or phenomenon being studied. These tasks allow communication between selected sections of mathematics and professional-oriented disciplines. An example of a “heat exchanger” problem is given, which is aimed at analyzing, creating, transforming, and evaluating a mathematical model of the heat process in a heat exchanger that represents a differential equation. The conducted pedagogical experiment confirms the effectiveness of the developed methodology.

Приоритетным направлением инженерного образования в настоящее время является формирование компетенций у будущих специалистов в процессе их профессиональной подготовки, которые позволят им решать инновационные задачи развития современного производства.

Необходимость такой подготовки обоснована в подпрограмме 1 государственной программы Российской Федерации «Развитие образования на 2013-2020 годы» [3] и в «Стратегии развития инженерного образования в Российской Федерации на период до 2020 года (проект)» [9]. В указанных документах подчеркивается значимость введения в систему подготовки будущих инженеров практико-ориентированного компонента, который поможет им глубже понять суть интеграции междисциплинарных знаний для будущей профессиональной деятельности.

Проблема практико-ориентированной подготовки будущих инженеров решается и на международном уровне, в частности в проекте «Всемирной инициативы CDIO» [8]. В данном документе ведущие школы и технические университеты США, Канады, Европы, Соединенного Королевства, Африки, Азии и Новой Зеландии представили концепции современного инженерного образования, направленного на профессиональную ориентированность обучения. Согласно основным положениям данной концепции при создании учебных планов и соответствующих методик обучения необходимо учитывать междисциплинарные связи, разрабатывать новые интеграционные учебные дисциплины, включать учебно-практические задания, в которых студенты развивают способности применения теоретических знаний в инженерной практике [11].

Одним из способов реализации указанного направления может быть междисциплинарная интеграция, в частности интеграция математики и дисциплин профессионального цикла.

При изучении математики будущий инженер приобретает фундаментальные теоретические знания, осваивает математические методы моделирования, необходимые для анализа, создания, прогноза и оценки различных процессов и явлений, встречающихся в их будущей профессиональной деятельности.

Однако дисциплина «Математика» изучается на начальных курсах обучения, когда у студентов не сформировано представление о будущей профессии и они не владеют необходимыми знаниями дисциплин профессионального цикла, поэтому очень часто преподавание математики ограничивается теоретическим курсом и решением типовых задач. На старших курсах обучения при изучении спецдисциплин студенты испытывают трудности применения математического аппарата для решения задач, отражающих элементы будущей профессиональной деятельности, а именно при выполнении инженерных расчетов, при использовании математических методов обработки и анализа информации, при создании и исследовании математических моделей.

Для преодоления описанных трудностей проводятся исследования, направленные на разработку программ и методик, позволяющих раскрыть связь математического аппарата с будущей профессиональной деятельностью.

В университете Лафборо в Великобритани разработана учебная программа по математике для студентов второго курса, обучающихся на инженерных направлениях [13; 15]. Данная программа была создана на основе экспериментальной работы студентов-математиков и будущих инженеров, с целью междисциплинарной интеграции элементов спецдисциплин в курс математики. В ходе эксперимента были выделены разделы математики (системы линейных уравнений, дифференциальные уравнения и др), которые наиболее наглядно демонстрируют применение математического аппарата в инженерной практике и выбраны реальные задачи профессиональной деятельности инженеров, которые были введены в курс математики для решения на практических занятиях.

В Дублинском технологическом институте в Ирландии проведено исследование, подтверждающее снижение мотивации у студентов при изучении «теоретической математики». В связи с этим разработан комплекс заданий, демонстрирующий возможности использования математики на рабочем месте для решения профессиональных задач. Применение данного комплекса позволяет спроектировать учебный процесс, в рамках реализации междисци-

плинарной интеграции математического аппарата и профессионально ориентированных дисциплин [14].

В отечественных исследованиях вопросам инженерного образования на основе междисциплинарной интеграции посвящены работы И. В. Бурой [1], А. А. Ермак [1], А. П. Мателенок [1], Л. В. Васяк [2], В. А. Шершневой [12] и др.

В своей работе Л. В. Васяк [2] раскрывает возможности подготовки будущих инженеров на основе междисциплинарной интеграции математики и спецдисциплин. Разработанная структура и содержание лекций, практических и лабораторных занятий интеграционного характера, способствуют раскрытию междисциплинарных связей математики и спецдисциплин.

В исследовании В. А. Шершневой [12] представлена методическая система обучения математике студентов инженерного вуза на основе полипарадигмального подхода, которая базируется, в том числе и на принципе междисциплинарной интеграции.

Авторами И. В. Бурая, А. А. Ермак, А. П. Мателенок была разработана методика подготовки инженеров-химиков-технологов для нефтеперерабатывающей промышленности, основу которой составила междисциплинарная интеграция математики, вычислительной математики, информатики и дисциплин профессионального цикла. Предлагаемая концепция обучения способствует постоянному и планомерному совершенствованию учебного процесса и позволяет будущему специалисту получить необходимый объем системных фундаментальных знаний для успешного освоения материала дисциплин специального цикла и решения нестандартных задач в рамках своей последующей профессиональной деятельности [1].

Таким образом, основываясь на определении М. В. Носкова и В. А. Шершневой [7], под *междисциплинарной интеграцией* в инженерном образовании будем понимать целенаправленное усиление междисциплинарных связей при сохранении теоретической и практической целостности учебных дисциплин, направленное на формирование системного мышления молодого специалиста.

В настоящем исследовании междисциплинарная интеграция математики и дисциплин профессионального цикла просматривается на примере подготовки будущих инженеров-технологов. При осуществлении профессиональных функций инженеру-технологу необходимо анализировать и оценивать потоки информации, получаемые из технической документации, от датчиков оборудования, из результатов лабо-

раторных исследований для принятия конкретных технологических решений по управлению химико-технологическим процессом конкретного нефтеперерабатывающего производства.

Согласно И. П. Мухленову [6] химико-технологический процесс представляет совокупность химических и физических явлений, направленных на осуществление взаимосвязанных стадий: подвод компонентов в зону реакции, осуществление химической реакции и отвод из зоны реакции полученных продуктов.

Основная задача инженера-технолога на производстве - поддержание оптимального технологического режима, обеспечение которого достигается путем анализа, оценки и контроля параметров химико-технологического процесса (температура, состояние реагентов и их соотношение, давление, линейная и объемная скорость реагентов и др.).

Таким образом, для осуществления профессиональной деятельности у будущих инженеров-технологов необходимо сформировать способность проводить анализ и оценку химико-технологического процесса. В Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования три плюс по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» [10] способность проводить анализ и оценку химико-технологической системы представлена в виде профессиональной задачи, которую должен уметь решать выпускник данного направления.

Начальным этапом формирования указанной способности является подготовка студентов технических вузов к анализу и оценке химико-технологического процесса, которую целесообразно осуществлять при обучении математике. Для обеспечения подготовки важно правильно определить или спроектировать ее структуру. Учитывая, что подготовка осуществляется при изучении математики на первых курсах обучения будущих инженеров, предлагаем определить структуру подготовки следующим образом:

— *мотивационно-целевой* предусматривает формирование потребности у будущих инженеров в обучении математике с позиции ее фундаментальности для будущей профессиональной деятельности;

— *гносеологический* компонент предполагает формирование системы математических знаний у будущих инженеров, способов и методов, необходимых для решения реальных инженерных ситуаций;

— *праксиологический* компонент характеризуется применением полученных

знаний, способов и методов для решения задач, приближенных к реальным профессиональным условиям;

– *аксиологический* компонент обеспечивает формирование личностной оценки деятельности будущего инженера, способности к дальнейшему саморазвитию, рефлексии.

Для формирования указанных компонентов подготовки студентов технических вузов к анализу и оценке химико-технологического процесса в контексте междисциплинарной интеграции и разработки соответствующей методики обучения математике были выполнены следующие этапы:

1. Пропедевтический этап. Включает в себя анализ разделов дисциплины «Математика», в которые возможно и целесообразно ввести элементы профессиональных дисциплин: линейная алгебра, дифференциальное исчисление функции одной переменной, интегральное исчисление функции одной переменной, обыкновенные дифференциальные уравнения, дифференциальное исчисление функции нескольких переменных, теория вероятностей и математическая статистика.

2. Интегративный этап. Определена специфика будущей профессиональной деятельности инженера-технолога, которая включает *процессы*, составляющие структуру химико-технологического процесса (гидромеханические, тепловые, массообменные и химические (реакционные); *оборудование*: аппараты, реакторы, машины и др.; *параметры* химико-технологического процесса, обеспечивающие его функционирование (концентрация реагентов, температура, давление, скорость, интенсивность перемешивания и др.). Выделены профессиональные дисциплины, элементы, содержания которых возможно интегрировать в

Выделенные разделы дисциплины «Математика»



Рис. 1. Создание кейсов на основе интеграции математики и профессионально-ориентированного цикла

курс математики: «Процессы и аппараты химической технологии»; «Общая неорганическая химия. Химия элементов»; «Моделирование химико-технологических процессов»; «Основы проектирования технологических установок»; «Ремонт и монтаж оборудования отрасли».

3. Технологический этап. В качестве способа подготовки будущих инженеров к анализу и оценке химико-технологического процесса был выбран *метод математического моделирования*, который позволяет представить изучаемый процесс или явление в математической форме (уравнения, неравенства и их системы) и провести его исследование, соответственно поставленным целям. В качестве средства обучения была выбрана *кейс-технология*. Создание кейсов осуществляется согласно междисциплинарной интеграции математики с дисциплинами профессионального цикла. Изучение выделенных разделов математики, позволяет студентам овладеть необходимым математическим аппаратом, который является инструментом для создания и исследования конкретной математической модели процессов или явлений. Элементы спецдисциплин дополняют кейс информацией, отражающей специфику профессиональной деятельности инженеров-технологов. На основе анализа содержания профессионально ориентированных дисциплин виды кейсов определены по видам процессов, составляющих структуру химико-технологического процесса. Так же включен кейс о надежности оборудования, в связи с тем, что надежность является важнейшей характеристикой качества аппаратов, установок и оборудования.

Результаты проведенных этапов представлены в виде схемы (Рис. 1).

Каждый кейс содержит различные *информационно-компетентные задачи*, которые направлены на проведение анализа информационной составляющей задачи, включающий выделение существенной (зависимости, параметры, необходимые для создания модели) и несущественной информации, преобразование информации в математические объекты, исследование полученной модели, ее преобразование и интерпретация полученных результатов.

Рассмотрим пример информационно-

Выбор определенного теплообменника и его расчет осуществляется для подогрева нефтепродукта, чтобы снизить его вязкость и увеличить текучесть. Данный вид воздействия на вязкость является наиболее эффективным и экономичным.

компетентной задачи об особенностях работы теплообменника.

Пример. В профессиональной деятельности инженера-технолога необходимо уметь подбирать теплообменный аппарат под заданный процесс. *Теплообменник* — это аппарат, в котором осуществляется передача тепла от одного вещества (теплоносителя) к другому (Рис. 2). Движущей силой теплового процесса является разность температур сред, участвующих в теплообмене.



Рис. 2. Теплообменник

В теплообменник поступает постоянный приток теплоты (Q , Вт). Количество теплоты, необходимое для нагрева нефтепродукта пропорционально количеству этого вещества (G , кг/с), значению теплоемкости данного вещества (c , Дж/кг·град) и величине, равной изменению температуры (T , °С) в течение некоторого времени (t , сек). Количество теплоты, отдаваемое в окружающую среду пропорционально поверхности теплообмена (F , м²), разности температур (окружающей среды T_1 и теплообменника T), *коэффициенту теплопередачи* (K , Вт/м²·град — показывает какое количество тепла переходит в 1 сек. от более нагретого теплоносителя к менее нагретому через поверхность теплообмена, равной 1 м² и при разности температур 1 градус). При этом количество теплоты, поступающее в теплообменник равно количеству теплоты, которое расходуется для нагрева нефтепродукта и потери тепла в окружающую среду.

На основе *анализа и оценки* представленной информации составить дифференциальное уравнение, описывающее процесс передачи тепла в теплообменнике. Найти, функцию, описывающую изменение температуры нефтепродукта во времени.

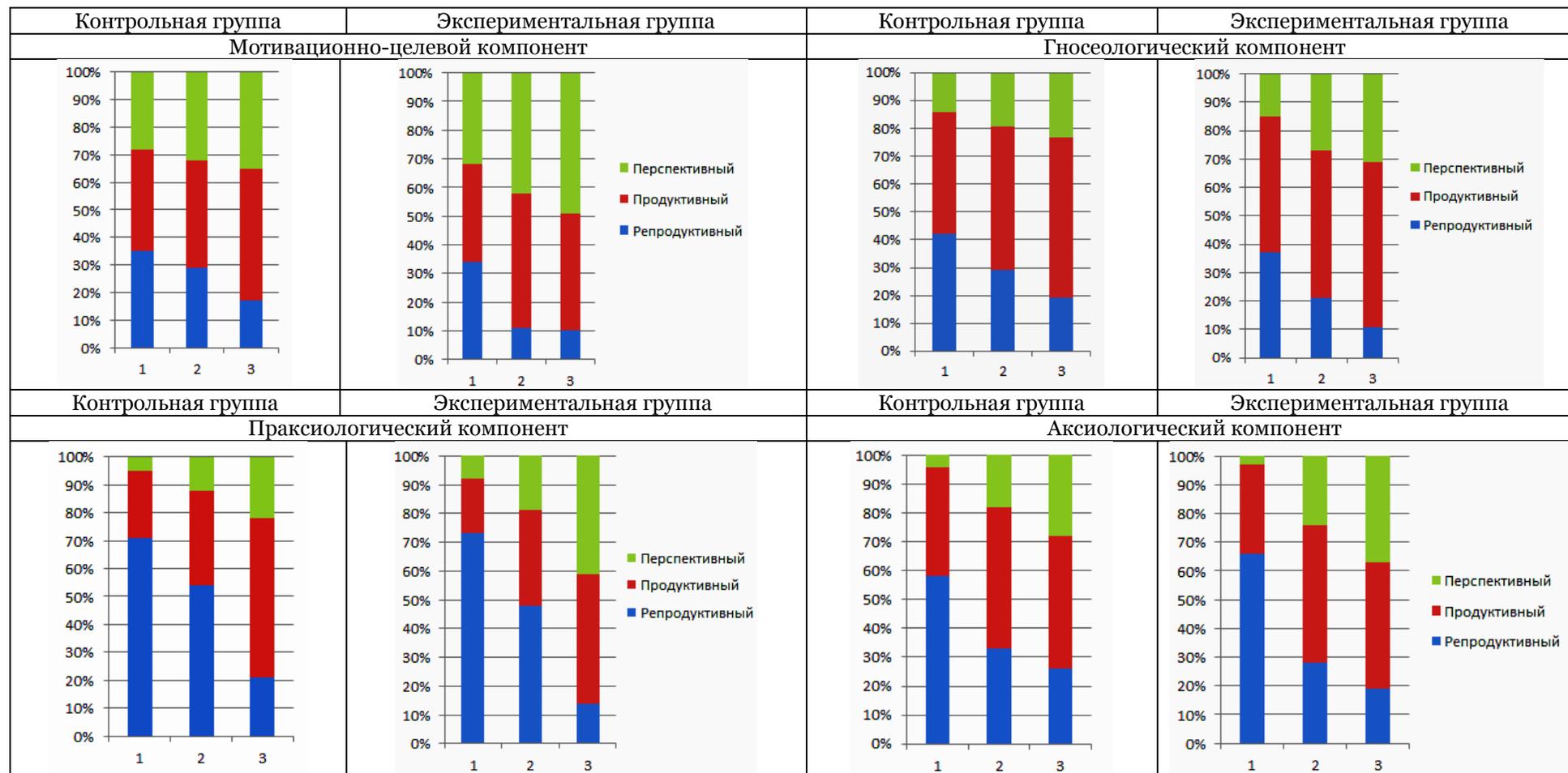
Методика подготовки студентов технических вузов к анализу и оценке химико-технологического процесса была апробирована при обучении студентов, обучающихся по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» в ФГБОУ ВО «Тюменском нефтегазовом университете» (г. Тюмень), Тобольском индустриальном институте ФГБОУ ВО «Тюменского нефтегазового университета» (филиал в г. Тобольске), ФГБОУ ВПО «Тюменском государственном архитектурно-строительном

университете» (г. Тюмень).

В эксперименте участвовали две группы: контрольная (обучение математике осуществлялось традиционным способом) и экспериментальная (обучение математике осуществлялось по предложенной методике). Для диагностики сформированности *мотивационно-целевого компонента* использовалась методика диагностики направленности учебной мотивации Т. Д. Дубовицкой [4]. Для определения уровня сформированности *гносеологического компонента* при первоначальной диагностике были использованы задания из итоговых контрольных работ по алгебре и геометрии для учащихся 11 классов, при последующих диагностиках — задачи из контрольных работ, соответствующие текущим изученным разделам дисциплины «Математика». Диагностика сформированности *праксиологического компонента* определялась по авторским заданиям, кейсам, в которых используемая математическая модель для преобразования информации соответствует изученным разделам дисциплины «Математика». Уровень развития аксиологического компонента определялся по адаптированной методике диагностики рефлексивности, предложенной А. В. Карповым [5]. Диагностика проводилась в три этапа: начальная диагностика (начало 1 семестра обучения), промежуточная (в конце 2 семестра обучения), итоговая (конец 3 семестра обучения). Диагностика была направлена на определение уровня (репродуктивного, продуктивного, перспективного) развития каждого компонента способности проведения анализа и оценки химико-технологического процесса. Результаты проведения диагностик у контрольной и экспериментальной групп приведены в виде диаграмм (Табл. 1)

Таблица 1

**Динамика уровней сформированности компонентов способности
проводить анализ и оценку химико-технологического процесса у студентов технических вузов**



На основе анализа представленных диаграмм при обучении студентов в экспериментальной группе наблюдается формирование каждого компонента подготовки к анализу и оценке химико-технологического процесса, что демонстрирует эффективность использования разработанной методики обучения математике и позволяет сделать вывод о том, что междисциплинарная

интеграция существенно влияет на качество подготовки студентов технических вузов.

Данная методика в полной мере содержит практико-ориентированный элемент и позволяет сформировать компоненты указанной компетенции у студентов при обучении математике, а междисциплинарная интеграция способствует формированию системного мышления будущего инженера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурая И. В., А. А. Ермак, А. П. Мателенок. Опыт реализации модульного подхода в подготовке инженеров-химиков-технологов для нефтеперерабатывающей отрасли // Высшая школа: проблемы и перспективы : 12 Междунар. науч.-метод. конф. : в 2 ч. — Минск : РИВШ, 2015. — Ч. 1. — С. 67-71.
2. Васяк Л. В. Формирование профессиональной компетентности будущих инженеров в условиях интеграции математики и специализированных средствами профессионально ориентированных задач : автореферат дис. ... канд. пед. наук. — Омск, 2007. — 23 с.
3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования на 2013-2020 годы» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: // <http://programs.gov.ru>
4. Дубовицкая Т. Д. Методика диагностики направленности учебной мотивации // Психологическая наука и образование. — 2002. — № 2. — С. 42-46.
5. Карпов А. В. Рефлексивность как психическое свойство и методика ее диагностики // Психологический журнал. — 2003. — Т. 24. — № 5. — С. 45-57.
6. Мухленов И. П. Общая химическая технология. — М. : Высшая школа, 1991. — 463 с.
7. Носков М. В., Шершнева В. А. Междисциплинарная интеграция в условиях компетентностного подхода // Высшее образование сегодня. — 2008. — № 9. — С. 23-25.
8. Перспективы развития инженерного образования: инициатива CDIO : информ.-метод. изд. / пер. с англ. и ред. В. М. Кутузова и С. О. Шапошниковой. — СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. — 29 с.
9. Стратегия развития инженерного образования в Российской Федерации на период до 2020 года. Проект. А. И. Рудской, А. А. Александров, П. С. Чубик, А. И. Боровков, П. И. Романов, А. Н. Шарапов. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. — 55 с.
10. Федеральный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки специальностей: 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень бакалавриата) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://fgosvo.ru>.
11. Чучалин А. И. Модернизация инженерного образования на основе международных стандартов CDIO // Инженерное образование. — 2014. — № 16. — С. 14-29.
12. Шершнева В. А. Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза на основе полипарадигмального подхода : автореферат дис. ... д-ра. пед. наук. — Красноярск, 2011. — 49 с.
13. Alpers B., Demlova M., Gustafsson T. A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education / European Society for Engineering Education (SEFI). — Brussels, 2013. — 83 p.
14. Goold E. Mathematics: Creating Value for Engineering Students / 17th SEFI Mathematics Working Group seminar. — Dublin, 2014. — 8 p.
15. Hernandez-Martinez P. A. Teaching mathematics to engineers: modeling, collaborative learning, engagement and accountability in a Third Space / Mathematical education and modern theory. - Loughborough, 2013.

REFERENCES

1. Buraya I. V., A. A. Ermak, A. P. Matelenok. Opyt realizatsii modul'nogo podkhoda v podgotovke inzhenerov-khimikov-tekhnologov dlya neftepererabatyvayushchey otrasli // Vysshaya shkola: problemy i perspektivy : 12 Mezhdunar. nauch.-metod.konf. : v 2 ch. — Minsk : RIVSh, 2015. — Ch. 1. — S. 67-71.
2. Vasyak L. V. Formirovanie professional'noy kompetentnosti budushchikh inzhenerov v usloviyakh integratsii matematiki i spetsializirovannykh sredstvami professional'no orientirovannykh zadach : avtoreferat dis. ... kand. pед. nauk. — Omsk, 2007. — 23 s.
3. Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federatsii «Razvitie obrazovaniya na 2013-2020 gody» [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupa: // <http://programs.gov.ru>
4. Dubovitskaya T D. Metodika diagnostiki napravlenosti uchebnoy motivatsii // Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie. — 2002. — № 2. — S. 42-46.
5. Karpov A. V. Refleksivnost' kak psikhicheskoe svoystvo i metodika ee diagnostiki // Psikhologicheskii zhurnal. — 2003. — T. 24. — № 5. — S. 45-57.
6. Mukhlenov I. P. Obshchaya khimicheskaya tekhnologiya. — M. : Vysshaya shkola, 1991. — 463 s.
7. Noskov M. V., Shershneva V. A. Mezhdistsiplinarnaya integratsiya v usloviyakh kompetentnostnogo podkhoda // Vysshee obrazovanie segodnya. — 2008. — № 9. — S. 23-25.
8. Perspektivy razvitiya inzhenernogo obrazovaniya: initsiativa CDIO : inform.-metod. izd. / per. s ang. I red. V. M. Kutuzova i S. O. Shaposhnikova. — SPb. : Izd-vo SPbGETU «LETI», 2012. — 29 s.
9. Strategiya razvitiya inzhenernogo obrazovaniya v Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda. Proekt. A. I. Rudskoy, A. A. Aleksandrov, P. S. Chubik, A. I. Borovkov, P. I. Romanov, A. N. Sharapov. — SPb. : Izd-vo Politekhn. un-ta, 2017. — 55 s.
10. Federal'nyy obrazovatel'nyy standart vysshego professional'nogo obrazovaniya po napravleniyu podgotovki spetsial'nostey: 18.03.02 Energo- i resursosberegayushchie protsessy v khimicheskoy tekhnologii, neftekhimii i biotekhnologii (uroven' bakalavriata) [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupa: <http://fgosvo.ru>.

11. Chuchalin A. I. Modernizatsiya inzhenerenogo obrazovaniya na osnove mezhdunarodnykh standartov CDIO // Inzhenernoe obrazovanie. — 2014. — № 16. — S. 14-29.
12. Shershneva V. A. Formirovanie matematicheskoy kompetentnosti studentov inzhenerenogo vuza na osnove poliparadigmalnogo podkhoda : avtoreferat dis. ... d-ra. ped. nauk. — Krasno-yarsk, 2011. — 49 s.
13. Alpers V., Demlova M., Gustafsson T. A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education / European Society for Engineering Education (SEFI). — Brussels, 2013. — 83 p.
14. Goold E. Mathematics: Creating Value for Engineering Students / 17th SEFI Mathematics Working Group seminar. — Dublin, 2014. — 8 p.
15. Hernandez-Martinez P. A. Teaching mathematics to engineers: modeling, collaborative learning, engagement and accountability in a Third Space / Mathematical education and modern theory. — Loughborough, 2013.