

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАЧ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ
СТУДЕНТОВ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

В.В. Ковалева, В.А. Калинина, В.А. Емельянова,

А.П. Мателенок, канд. пед. наук, доц.

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь*

*В данной статье представлена разработка методики применения математического моделирования профессионально-ориентированных задач. Позиционируемая методика соответствует требованиям **общих стратегических целей, формирующих необходимые компетенции будущего инженера**. Приведены конкретные примеры включения методики в обучение математики, химии и технологии.*

Ключевые слова: математическое моделирование, активные методы, научно-исследовательский проект.

Введение. Современное производство требует значительное количество грамотных инженеров-технологов, способных к применению инновационных технологий, готовых к работе в команде для создания проектов, аккумулирующих знания из различных отраслей науки, применяющих математическое моделирование химико-физических процессов. В связи с этим учебный процесс при подготовке специалистов химико-технологического профиля необходимо спроектировать и организовать на основе современных образовательных технологий и активных, интерактивных форм обучения, основанных на математическом моделировании.

Основная часть. Для формирования умений и навыков моделирования требуется применения средств формирования обобщенных приемов умственной деятельности. Указанные приемы условно разделяют на группы репродуктивного и эвристического типов. Дисциплины естественнонаучного цикла позитивно влияют на развитие способностей к эвристике, эвристическому поиску решений. В этой связи, а также в связи с переходом к компетентностной модели специалиста требуются уточнение и обновление разработки специальных средств эвристического обучения [1].

Активные методы предполагают для преподавателя и студента равнозначную активность и взаимодействие в образовательном процессе. Отличительными чертами активных методов обучения принято считать: 1) наличие мотивации к обучению; 2) обучающийся проявляет самостоятельность в выработке и поиске решений поставленных задач; 3) длительное время активности: обучающийся вынужден быть активным, работает не эпизодически, а в течение всего учебного времени.

В практике обучения в учреждениях высшего образования применяют значительное многообразие интерактивных методов. При этом для повышения их эффективности

и достижения поставленных дидактических задач рекомендуется их взаимосвязанное комплексное использование.

Ярким примером применения интерактивных форм обучения является участие студентов в научно-исследовательских проектах. Перед группой студентов ставится задача. Например, исследовать применение сорбентов при ликвидации разливов нефтепродуктов с составлением и исследованием математической модели и проверкой результатов с помощью эксперимента [2].

Приведем фрагмент студенческой работы, выполненной студентами специальности 6-05-0711-02 «Переработка нефти и газа и промышленный органический синтез».

Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических веществ сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной, химической, нефтехимической, текстильной и других отраслей промышленности. Сорбционная очистка может применяться самостоятельно и совместно с биологической, как метод предварительной и глубокой очистки. Преимуществами этого метода являются возможность поглощения веществ из многокомпонентных смесей и высокая степень очистки, особенно слабо концентрированных сточных вод. Сорбционные методы весьма эффективны для извлечения из сточных вод ценных растворенных веществ с их последующей утилизацией и использования очищенных сточных вод в системе оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Условно сорбенты можно разделить на четыре группы [3]:

1. Сорбенты на основе растительных остатков (отруби различных злаков и гречи, торф, лузга от подсолнечных семечек, древесные опилки и т. п.).
2. Сорбенты на синтетической основе, изготовленные на основе полиуретана, полиэтилена, полипропилена, карбамидоформальдегидных смол и т. д.
3. Углеродные сорбенты, которые используются в качестве фильтра для очистки воды от нефти и нефтепродуктов.
4. Сорбенты на основе природных пористых минералов (вермикулит, перлит). Эта группа может быть поделена еще на две подгруппы: гидрофибизированные и негидрофибизированные.

Основные преимущества сорбента: отсутствие десорбции; возможность применения на воде и суше; высокая степень очистки; высокая скорость и большой объем впитывания; универсальность (более 85 абсорбируемых веществ); неабразивность сорбента; изолирование летучих горючих паров (подавление паров 90 % и более); удобный при транспортировке и применении; не требует специальной подготовки и оборудования при применении и сборе; доступная цена.

При разработке требований к характеристикам фильтрующего оборудования зачастую приходится проводить многочисленные модельные эксперименты. В настоящее время реальные испытательные стенды все чаще заменяются виртуальными. Первым шагом на пути к этому является создание математической модели процесса фильтрации эмульсии сквозь слой сорбента.

Можно выделить следующие основные процессы, протекающие внутри адсорбционного фильтра:

1. Гидродинамический процесс фильтрации жидкости сквозь пористую среду;

2. Физико-химический процесс адсорбции капель дисперсной фазы на поверхности пористого материала;

3. Коалесценция микрокапель дисперсной фазы на поверхности пористого материала.

Первый из этих процессов достаточно хорошо изучен и сначала 50-х годов двадцатого века используется для описания моделей фильтрации грунтовых вод и нефти. Фильтрация жидкости сквозь пористую среду описывается в литературе обобщенным законом Дарси [2]:

$$u_i = \frac{K}{\mu_i} \text{grad} P,$$

где u_i – линейная скорость фильтрации i -фазы;

K – проницаемость среды;

μ_i – вязкость i -фазы;

$\text{grad} P$ – градиент давлений по трем направлениям x, y, z .

Уравнение массопереноса в жидких средах выводится из первого закона Фика о сохранении массы. В общем случае оно выглядит так:

$$v \frac{\partial c}{\partial x} + \varepsilon \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial a}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_i \frac{\partial c}{\partial x} \right),$$

где $c(x, t)$ – средняя концентрация в подвижной фазе (на единицу объема этой фазы);

$a(x, t)$ – средняя концентрация сорбата (на единицу объема слоя);

D_i – коэффициент диффузии;

ε – пористость;

x – длина;

t – время.

Здесь первое слагаемое учитывает влияние скорости фильтрации на концентрацию дисперсной фазы; второе – массоперенос в порах; третье – скорость перехода массы сорбируемой компоненты из жидкой фазы на твердую поверхность; четвертое – массоперенос в результате конвективной и капиллярной диффузии.

Величина поглощенного объема нефти определяется зависимостью Лэнгмюра:

$$a = \frac{A_M bc}{1 + bc},$$

где A_M – емкость монослоя;

b – константа,

или Фрейндлиха:

$$a = kc^n,$$

где k и n – константы.

Данную систему уравнений следует дополнить начальными и граничными условиями: непроницаемостью стенок аппарата, пористостью среды, перепадом давлений на входе и выходе из аппарата, исходной концентрацией дисперсной фазы, исходными плотностью и вязкостью жидкости. Таким образом получим математическую модель фильтрации водонефтяной смеси в адсорбционном фильтре.

Своевременная очистка поверхности воды от нефтяных загрязнений позволит снизить величину экологического ущерба при аварийных разливах нефти, которые являются одним из негативных аспектов функционирования современного промышленного производства.

Применение различных сорбционных материалов для борьбы с нефтяными загрязнениями почвы и воды позволяет обеспечить их высокую степень очистки, а рассмотренные математические модели позволяют адекватно описать фильтрацию водонефтяной эмульсии, нестабилизированной ПАВ. Они могут быть предложены для описания процессов очистки воды и нефти при ликвидации аварийных разливов нефти.

Заметим, что в реализации исследовательского проекта консультантами выступают преподаватели соответствующих кафедр, в рассмотренном случае это преподаватели кафедры математики и компьютерной безопасности, а также кафедры технологии и оборудования переработки нефти и газа.

Заключение. Нам представляется, что предлагаемая методика включения в учебно-познавательный процесс математического моделирования реальных процессов, способствует прослеживанию тесной связи общепрофессиональных и специальных дисциплин с математикой, обуславливается потребностью и возможностью переноса свойств и зависимостей, выраженных в математических формулах, на их использование в содержании специальных дисциплин. У студентов формируется реальный опыт поиска путей решения на основе математического моделирования профессионально ориентированных проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мателенок, А. П. Междисциплинарная интеграция как основа обучения математике студентов технических специальностей / А. П. Мателенок, В. С. Вакульчик // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2022. – № 206. – С. 167–183.
2. Мателенок, А. П. Формирование исследовательских умений и навыков при подготовке студентов инженерно-технического профиля / А. П. Мателенок, В. С. Вакульчик, И. Б. Бураченко, Т. И. Завистовская // Актуальные проблемы физики, электроники и энергетики [Электронный ресурс] : электронный сборник статей I Международной научно-практической конференции, Новополюцк, 27–28 окт. 2022 г. / Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой. – Новополюцк, 2023. – С. 265–268.
3. Ковалева, В.В. Математическая модель применения сорбентов при ликвидации разливов нефтепродуктов / В.В. Ковалева., В.А. Калинина // Путь в науку. Прикладные науки. Промышленность [Электронный ресурс] : электрон. сб. науч. тр. – Новополюцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2024. – Вып. 55(125). – С. 193–194.