учебный процесс через мониторинг частоты посещений платформы, времени, затраченного на выполнение заданий, участие в форумах и дискуссиях.

Таким образом, применение адаптивных обучающих систем позволяет формировать гибкую, эффективную и мотивирующую образовательную среду, соответствующую задачам подготовки высококвалифицированных специалистов.

Список литературы

1 О Концепции развития системы образования Республики Беларусь до 2030 года : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 30 нояб. 2021 г. № 683 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – URL : https://pravo.by/document/?guid=12551&p0= C22100683&p1 =1&p5=0 (дата обращения: 15.09.2025).

2 Создание и использование электронного образовательного ресурса «Высшая математика» для реализации модели смешанного обучения студентов БГУИР / О. Н. Малышева, Е. А. Баркова, Н. В. Князюк [и др.] // Математическая подготовка в университетах технического профиля : непрерывность образования, преемственность, инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 5–6 нояб. 2020 г. / Белорус. гос. ун-т транспорта; редкол. : Ю. И. Кулаженко [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 102–105.

3 **Кречетов, И. А.** Принципы реализации технологии адаптивного обучения / И. А. Кречетов // Современное образование : проблемы взаимосвязи образовательных и профессиональных стандартов : материалы Междунар. науч.-метод. конф., 28–29 янв. 2016 г., Томск : Изд-во ТУСУРа. – 2016. – С. 116–118.

УДК 378.147

О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ ХИМИКОВ-ТЕХНОЛОГОВ

Е. В. КОВАЛЁВА[1], И. В. ГАРИСТ[2], В. Э. ГАРИСТ[2]
[1]Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова, Республика Беларусь
[2]Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, г. Могилев

Хорошо известно, что качественное образование будущего инженера предполагает разумный баланс теории и практических навыков. В частности, иллюстрация теоретического материала примерами из профильной предметной области дополнительно мотивирует изучение и позволяет глубже понять материал.

Курс линейной алгебры (в рамках курса высшей математики) в УО БГУТ для студентов всех специальностей изучается на протяжении 1-го семестра. Кроме стандартных заданий, связанных с матричной алгеброй и решением абстрактных систем линейных уравнений различными методами, студентам были предложены задания из [1, с. 327], связанные с химическим профилем специальности и опирающиеся на изучаемый математический аппарат.

Рассмотрим множество веществ $\{V_i\}$, $i=1,\ldots,l,$ которые могут вступать в k реакций друг с другом. С точки зрения математики протекающие реакции описываются линейными уравнениями вида $\sum_{j=1}^{p} s_{ij}V_j = \sum_{j=p+1}^{i} \overline{s_{ij}}V_j$, $i=1,\ldots,k,$ образующими систему линейных уравнений. Коэффициенты системы s_{ij} характеризуют количественно пропорции вступающих в реакцию веществ, а коэффициенты $\overline{s_{ij}}$ характеризуют количественно пропорции получающихся в результате этой реакции веществ. Такие и уравнения, и коэффициенты системы называются стехиометрическими. Очевидно, что система линейных уравнений однородная: $\left\{\sum_{j=1}^{i} s_{ij}V_j = 0,\ i=1,\ldots,k.\right.$ С этой системой связаны стехиометрическая матрица $S=\begin{pmatrix} s_{11} & \ldots & s_{1i} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ s_{k1} & \ldots & s_{ki} \end{pmatrix}$ и матрица веществ $V=\begin{pmatrix} V_1 \\ \ldots \\ V_i \end{pmatrix}$. В свою очередь, матрица веществ $V=\begin{pmatrix} V_1 \\ \ldots \\ V_i \end{pmatrix}$ представляется в виде $\begin{pmatrix} V_1 \\ \ldots \\ V_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & \ldots & a_{1n} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{i1} & \ldots & a_{in} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ \ldots \\ a_n \end{pmatrix}$. Матрица $\begin{pmatrix} a_1 \\ \ldots \\ a_n \end{pmatrix}$ характеризует набор атомов, из которых состоят вещества V_i, $i=1,\ldots,l,$ а атомная матрица $A=\begin{pmatrix} a_{11} & \ldots & a_{1n} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{i1} & \ldots & a_{in} \end{pmatrix}$ имеет своими элементами количества таких атомов в веществе. При этом фактическое поведение смесей опирается на независимые реакции, число которых связано с решением ещё одной однородной системы: $A^T \cdot S = 0$. От ранга r атомной матрицы A зависит максимальное число независимых реакций в смеси из l веществ (стехиометрическое правило Гиббса). Другими словами, продуктивное описание химических реакций завязано на широком использовании понятий, теории и методов линейной алгебры, в частности теории матриц.

При нахождении нетривиальных решений однородных систем линейных уравнений важно найти удобное для этих решений описание. При этом решение систем линейных уравнений с применением компьютерных технологий не только помогает студенту глубже понять взаимосвязи и технику матричного анализа, но и позволяет контролировать правильность вычислений «вручную». Проиллюстрируем (рисунок 1) эти положения на примерах конкретных химических задач в системе компьютерной математики (СКМ) SMath Studio [2]. О причинах выбора именно этой СКМ можно посмотреть в [3].

$$V := \begin{bmatrix} \text{"CH\_4"} \\ \text{"CH\_2 O"} \\ \text{"O\_2"} \\ \text{"H\_2 O"} \end{bmatrix} \quad a := \begin{bmatrix} \text{"H"} \\ \text{"C"} \\ \text{"O"} \end{bmatrix} \quad A := \begin{bmatrix} 4 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad A^{T} = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathrm{rank}(A) = 3$$

Рисунок 1 – Составление атомной матрицы и матрицы системы

Однородная система с матрицей A^T имеет нетривиальные (четырёхкоординатные) решения. Найдём их, опираясь на возможности СКМ SMath Studio (рисунок 2).

$$\begin{bmatrix} 4 & 2 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \left(\left(-1 \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right) \cdot x4 \right) = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot x4 \qquad \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Рисунок 2 – Решение СЛУ (при свободной переменной $x_4 = 1$)

Интерпретация полученного решения – следующее уравнение химической реакции: $CH_4 + CH_2O - O_2 + H_2O = 0$ или $CH_4 + O_2 = CH_2O + H_2O$. Матрица (на основе решения) $(-1 \quad 1 \quad -1 \quad 1)$ – стехиометрическая.

Рассмотрим (рисунок 3) более громоздкую ситуацию с двумя свободными переменными.

$$V := \begin{bmatrix} \text{"CH\_3 OH"} \\ \text{"CO"} \\ \text{"H\_2"} \\ \text{"CO 2"} \\ \text{"H\_2 O"} \end{bmatrix} \quad a := \begin{bmatrix} \text{"H"} \\ \text{"C"} \\ \text{"O"} \end{bmatrix} \quad A := \begin{bmatrix} 4 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad A^{T} = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathrm{rank}(A) = 3$$

Рисунок 3 – Составление атомной матрицы и матрицы системы

Однородная система с матрицей A^T имеет нетривиальные (пятикоординатные) решения. Найдём их, обращаясь к СКМ SMath Studio. Выразим базисные переменные через свободные (рисунок 4).

$$\left(\begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}\right)^{-1} \cdot (-1) \cdot \begin{bmatrix} 4 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot x1 + \left(\begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}\right)^{-1} \cdot (-1) \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot x5 = \begin{bmatrix} -1 \\ -2 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot x1 + \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot x5$$

Рисунок 4 – Выражение базисных переменных через свободные

Выпишем далее (рисунок 5) пятикоординатные решения при конкретных значениях свободных переменных $x_1 = 0;\ x_5 = 1;$ и $x_1 = 1;\ x_5 = 0$:

$$resh(x1;\ x5) := \begin{bmatrix} x1 \\ \left(\begin{bmatrix} -1 \\ -2 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot x1 + \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot x5\right)_1 \\ \left(\begin{bmatrix} -1 \\ -2 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot x1 + \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot x5\right)_2 \\ \left(\begin{bmatrix} -1 \\ -2 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot x1 + \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot x5\right)_3 \\ x5 \end{bmatrix} \quad resh(0;\ 1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad resh(1;\ 0) = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Рисунок 5 – Частные решения в явном виде

Стехиометрическая матрица формируется из полученных решений: $S = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -2 & 0 & 0 \end{pmatrix}$. Интерпретация: $\left[\begin{array}{l} CO_2 + H_2 = CO + H_2O \\ CO + 2H_2 = CH_3OH \end{array}\right.$.

Список литературы

1 **Скатецкий, В. Г.** Математические методы в химии : учеб. пособие для студентов вузов / В. Г. Скатецкий, Д. В. Свиридов, В. И. Яшкин. – Минск : ТетраСистемс, 2006. – 368 с.

2 Официальный сайт программы SMath Studio. – С.-Петербург, 2006–2025. – URL : https://smath.info/ru-RU (дата обращения : 02.09.2025).

3 **Гарист, В. Э.** Элементы аналитической геометрии в системах компьютерной математики / В. Э. Гарист // Преподавание математики в высшей школе и работа с одарёнными студентами в современных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. семинара, 18 февр. 2021 г., г. Могилёв / Бел.-Рос. ун-т. – Могилёв, 2021. – С. 35–37.

УДК 378.147:51

ОБ УЛУЧШЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

А. И. МИТЮХИН[1], В. В. ШУЛЬГОВ[2]
[1]Институт информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск
[2]Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Постепенный переход к технологиям Индустрии 4.0, начавшийся в конце XX столетия, усиливает значение математики как инструмента для поиска инновационных решений в технологиях [1], понимание новых текущих технических проблем в различных отраслях индустрии. Развитие современных цифровых технологий также опирается на многие разделы математики, специальные быстрые вычислительные алгоритмы [2] и пр. В связи с этим возникает проблема более эффективного совершенствования математического образования инженеров. В конечном итоге нерешенные проблемы сказываются на качестве обучения в техническом университете. Определим и исследуем базисные причины и проблемы, влияющие на качество математического обучения в контексте цифровой трансформации.

Проблемы математического образования инженеров. Отчасти проблемы можно объяснить на основе следующих утверждений.

1 Переход на программы бакалавриата и магистратуры, когда неизбежно сокращаются часы по математике на первой ступени высшего образования.

2 Опыт показывает, что проблемой математического образования является и то, что учебный материал (лекции, практические занятия и др.) по инженерным специальностям во многих технических университетах имеет абстрактный характер и сложен для понимания. Абстрактный характер лекционных материалов, математических определений, задач, упражнений, не связанных с конкретными техническими прикладными примерами, способствует тому, что материал быстро забывается многими студентами. Даже хорошо подготовленные студенты считают учебный процесс по математике сложным.