АКТУАЛЬНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ STEAM-ОСВІТИ ТА ДУАЛЬНОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

УДК 37.022

DOI 10.33251/2522-1477-2019-6-184-189

СЕМЕНЮТА Марина Фролівна,

кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач
кафедри фізико-математичних дисциплін, Львівська
академія Національного авіаційного університету

ЯКУНІНА Ірина Леонідівна,

кандидат технічних наук, доцент кафедри фізико-
математичних дисциплін, Львівська академія
Національного авіаційного університету

ЗАДОРЖНА Оксана Володимирівна,

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізико-
математичних дисциплін, Львівська академія
Національного авіаційного університету

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ STEAM-ОСВІТИ

В статті продемонстровано можливості застосування елементів STEAM-освіти до викладання дисципліни математичне моделювання професійних задач в авіаційному вищому навчальному закладі. Такий підхід до освітнього процесу дозволить інтегрувати сучасні інформаційні технології з передовими методами навчання.

Ключові слова: STEAM-освіта, технології навчання, математичне моделювання, ІТ-технології, математична модель

Постановка проблеми. Традиційна підготовка фахівців, орієнтована на формування знань, умінь і навичок в процесі навчання, все більше відстає від сучасних вимог. Характеризуючи стан освіти, вчені зауважують у ній кризові явища, які є наслідком відставання освіти від науки і виробництва. Освітня політика передових держав акцентує увагу на розвитку особистості, її якостей, талантів і здібностей, вказуючи при цьому на означені проблеми.

У теорії і практиці вищої школи існують суперечності, які зумовлюють необхідність пошуку нових технологій навчання, їх використання передбачає не стільки поповнення теоретико-методологічних знань студентів, скільки формування професійних вмінь проектувати, конструювати процес навчання, аналізувати його результати. В останні десятиліття особливої популярності набула технологія STEAM-освіти. STEAM є планом навчання, заснованим на ідеї поєднання чотирьох областей: науки, техніки або технології, інженерного мистецтва і математики, що базуються на міждисциплінарному і прикладному підході до навчання. Замість того, щоб освоювати чотири дисципліни як окремі предмети, STEAM інтегрує їх в єдину парадигму навчання, засновану на їх реальному застосуванні.

Фахівцям цивільної авіації потрібно кваліфіковано здійснювати експлуатацію бортового і наземного обладнання, що містить в складі програмного забезпечення математичні моделі, а також освоювати нові наукові напрями і випробовувати нову техніку. Також практичні ситуації, в яких доводиться ухвалювати рішення, бувають настільки складними, що навіть незначна допомога з боку математичних методів є дуже істотною.

Оцінка ситуації в польоті, здатність прийняти безпомилкове і своєчасне рішення є найважливішими характеристиками якості професійної підготовки авіаційного фахівця.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження показують, що авіаційні фахівці часто приймають рішення, використовуючи евристичний підхід, на основі наявного досвіду замість ретельного аналізу ситуації. Коли набувається досвід, більшість дій людини «шаблонізуються» і виконуються автоматично. Для пілотів навчання професійним діям в складних ситуаціях є більш ефективним на основі тривимірної моделі, згідно з якою емоційний стан визначається когнітивною складністю, невизначеністю ситуації і дефіцитом часу [1]. Проблеми підготовки авіаційних фахівців досліджували Макаров Р. М., Нідзій Н. А., Шишкін Ж. К., Смирнова І. Л. Проблеми STEM-освіти в своїх роботах досліджують Х. Гонсалес, Дж. Куензі, Д. Ленгдон, К. Ніколс, О. Стрижак, І. Сліпучіна, Н. Полісун та багато інших.

Математичне моделювання професійних задач – дисципліна, яка може розглядатися у вищому навчальному закладі, як елемент STEM-освіти, що є предметом математичного циклу, поєднаним з дисциплінами професійного спрямування. Характерними рисами STEM-освіти є ІТ-технології, змішане навчання та педагогічні технології, елементи яких знайшли відображення у викладанні і засвоєнні курсантами Льотної академії Національного авіаційного університету (ЛА НАУ) математичного моделювання професійних задач.

Метою статті є демонстрація застосування елементів STEM-освіти до викладання дисципліни математичне моделювання професійних задач в авіаційному вищому навчальному закладі.

Виклад основного матеріалу. При застосуванні математичного моделювання і вищої математики в авіаційному ВНЗ особливо важливо демонструвати математичні факти, об'єкти і процеси в прикладному аспекті. У зв'язку з цим потрібно вирішувати задачі і будувати математичні моделі реальних завдань професійної спрямованості. При цьому їх подача повинна супроводжуватися аналізом параметрів, обмежень і припущень, числа розв'язків або їх відсутності, адекватністю математичної моделі реальним умовам.

Нижче наведено кілька прикладів задач авіаційного спрямування, які запропоновано курсантам ЛА НАУ при вивченні курсу «Математичне моделювання прикладних задач» і для яких було побудовано відповідні математичні моделі. Математичне обґрунтування ситуації дасть курсантам змогу зменшити ризики прийняття неправильного рішення під час її відпрацювання на тренажерах, а одержаний досвід зведе до мінімуму ймовірність помилки в реальних умовах.

Приклад 1. Розглядається сталий режим польоту літака. Необхідно здійснити концептуальну та математичну постановку задачі та обрати методи розв'язку, провести чисельний експеримент, який підтверджує правильність результатів.

За допомогою цього прикладу продемонстровано побудову математичної моделі поведінки літака в повітрі в залежності від зовнішніх чинників із застосуванням пакета прикладних програм Mathcad.

Приклад 2. Побудувати математичну модель прийняття рішення в умовах невизначеності при виникненні проблем в процесі управління повітряним судном.

В якості методу розв'язку було обрано метод аналізу ієрархії. Суть даного методу полягає в кількісному вираженні якісних суджень. Проблема структурується у вигляді ієрархії, вершиною якої є мета, а наступними рівнями, відповідним чином, визначені критерії і альтернативи. Цей приклад також демонструє математичні факти, об'єкти і процеси, пов'язані з вирішенням практичних завдань і дає можливість розвивати набір професійних навичок, якими повинен оволодіти курсант.

Приклад 3. Розглядається задача про виникнення проблем при прийнятті рішень на виліт екіпажем повітряного судна, для чого застосовано математичний апарат прийняття рішень в умовах невизначеності, що дозволило описати авіаційні події і здійснити математично обґрунтований вибір прийнятого екіпажем рішення.

Приклад 4. Зацікавлення курсантів викликали задачі теорії ігор, в яких виникала потреба прийняття рішення в конфліктній ситуації. Теорія ігор займається розробкою різного роду рекомендацій, щодо прийняття рішення в умовах конфлікту. Такі ігри називають антагоністичними. В математиці конфліктні ситуації представляють у вигляді спрощеної моделі, як гру двох, трьох і більшого числа гравців. Сторони, що приймають участь у конфлікті, вважаються гравцями, а результат конфлікту – виграшем. Для кожної формалізованої гри вводяться правила, які встановлюються допустимими діями гравця в процесі гри. Тому використовувались ігри $2 \times n$ в якості моделі при дослідженні переваг між літаками. Крім цього, застосовувалась ігрова модель в задачі формування парку повітряних суден. Описаний підхід дав можливість здійснювати принцип зв'язку теорії з практикою, формувати професійно-математичні компетентності курсантів, оволодіти навичками математичного моделювання з використанням інформаційних технологій.

Приклад 5. Дана задача присвячена актуальним питанням придбання навичок прийняття рішення пілотом в умовах тренажерної підготовки. Основним завданням є моделювання різних польотних ситуацій і використання математичного апарату, що дозволяє зрозуміти поставлену задачу, оцінити обстановку, прийняти потрібне рішення і зробити необхідні розрахунки. Розглянуто математичну модель, яка базується на концепції щодо забезпечення безпеки польотів, прийнятої ІКАО. Суть її в тому, що необхідні для запобігання авіаційної події заходи (рішення) приймаються до того, як авіаційна подія перейде в розряд катастрофи. В процесі функціонування в авіатранспортній системі головна її ланка – система Екіпаж-ПС може перебувати в одному з наступних станів: нормальний; ускладнення умов польоту; складна ситуація; аварійна ситуація; катастрофічна ситуація [4]. Ймовірність знаходження системи Екіпаж-ПС в будь-якому зі станів описуються диференціальним рівнянням. Наприклад, для знаходження системи Екіпаж-ПС в нормальному стані, використовується рівняння:

$$\frac{dP_{НС}}{dt} = -\lambda_{\Sigma} P_{НС} + \mu_{УПП \rightarrow НС} P_{УПП} + \mu_{СС \rightarrow НС} P_{СС} + \mu_{АС \rightarrow НС} P_{АС},$$

де $P_{НС}$ – ймовірність знаходження системи Екіпаж-ПС в нормальному стані; λ_{Σ} – сумарна інтенсивність переходів системи Екіпаж-ПС з нормального стану в особливі ситуації; $\mu_{УПП \rightarrow НС}$, $\mu_{СС \rightarrow НС}$, $\mu_{АС \rightarrow НС}$ – інтенсивності переходів системи Екіпаж-ПС з особливих ситуацій в нормальний стан. В результаті рішення системи з вказаних диференціальних рівнянь, як математичної моделі можливих станів, можна отримати характерні точки, в яких значення часу можливого переходу системи з одного стану в інший, більш небезпечний.

Найбільше значення ймовірності будь-якої ситуації, крім катастрофічної, визначається виходячи з рівня надійності повітряного судна, фахової підготовки екіпажу та персоналу наземних служб забезпечення польоту. Якщо для конкретної системи Екіпаж-ПС визначити ці характерні точки, то можна сформувати і реалізувати такі рішення, які не допустять переходу з нормальної ситуації або хоча б із ситуації ускладнення умов польоту в більш небезпечний стан за час польоту або за будь-який інший відрізок часу [6, 7].

Приклад 6. При дослідженні ефективності використання цивільної авіації застосовують п'ять типів критеріїв оптимальності: мінімальний час польоту, мінімальна вартість виконання рейсу, максимальна регулярність польотів, максимальне комерційне навантаження, мінімальна питома витрата авіапалива. У даному прикладі розглядається проблема оптимального розподілу повітряних суден на заданій мережі авіаліній по критерію мінімального часу доставки вантажу.

Серед чинників, що впливають на час доставки вантажу, виділимо конструктивні і експлуатаційні. До експлуатаційних чинників належать атмосферні умови, стан злітно-посадкової смуги, злітна маса літака і т. п. В якості вихідної, будемо використовувати наступну інформацію:

- потреби в вантажах для аеропортів призначення;

- технічні, експлуатаційні та вартісні параметри повітряних суден, наявних у авіакомпанії (крейсерські швидкості, величини комерційних завантажень, вартості літаків і двигунів і т. д.);
 - технічні та експлуатаційні характеристики аеропортів та аеродромів (питома вага рейсів, що обслуговуються на пероні, довжина рульової доріжки і т.д.);
 - характеристика авіаліній (протяжність, авіаційно-кліматичні описи і т.д.).
- Потрібно мінімізувати функцію

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^k c_{jl} x_{ijl} ,$$

де c_{jl} – собівартість доставки вантажу повітряним судном l -го типу в j -ий аеропорт, x_{ijl} – число літаків l -го типу, зайнятих доставкою вантажу i -го типу в j -ий аеропорт. Сума літаків l -го типу, які перевозять вантаж i -го типу в j -ий аеропорт, не повинна перевищувати число літаків l -го типу. Величина i -го вантажу, який треба перевезти в j -ий аеропорт, не перевищує сумарну вантажопідйомність літаків, які перевозять цей i -ий вантаж в j -ий аеропорт.

У зв'язку з тим, що вантажі на пасажирських авіалайнерах перевозяться в порядку їх довантаження на наявний вільний тоннаж, то можна вважати, що вантажні перевезення на них не викликають додаткових льотних витрат, крім витрат, пов'язаних зі складською роботою з приймання-передачі, зберігання і завантаження-вивантаження вантажів. Крім того, перевезення вантажів на пасажирських літаках підвищує ефективність їх експлуатації. При резервуванні тоннажу для перевезення вантажів пасажирськими авіалайнерами вільний тоннаж визначається, виходячи з граничного комерційного завантаження на даному рейсі за вирахуванням з нього поштового ліміту, маси пасажирів, яка визначається в залежності від максимальної кількості пасажирських місць і багажу. Граничний тоннаж комерційного завантаження даного рейсу визначається з технічних характеристик типу літака.

Таким чином, ми маємо задачу лінійного програмування з mnk змінними і $(k+n)m$ лінійними обмеженнями. Необхідно розрахувати час зайнятості кожного літака, при виконанні ним транспортних операцій, а потім собівартість доставки вантажу. Цю задачу можна звести до стандартної транспортної задачі. При її вирішенні можуть розглядатися як вантажні, так і пасажирські літаки. Розв'язання транспортної задачі здійснюється в два етапи [8].

1-й етап. Спочатку знаходиться допустимий (опорний) розв'язок, згідно з яким без урахування чинника вартості перевезення, визначається варіант організації маршрутів між постачальниками і споживачами з повним розподілом всього обсягу продукції.

Відомо кілька моделей, які можуть використовуватися для пошуку опорних рішень: це алгоритм побудови допустимого базисного розв'язку, названий Чарнессом і Купером «правилом північно-західного кута», був запропонований Дж. Данцигом; метод мінімальної вартості; метод Фогеля та інші.

2-й Етап. Знаходження оптимального розв'язку (при якому вартість перевезень буде мінімальною) транспортної задачі.

Для цього застосовуються дві групи точних методів. Перша група методів, які зазвичай називають «комбінаторними методами», заснована на ідеях симплекс-методу. Тут будь-який алгоритм починається з відшукування розподілу поставок, що задовольняє обмеженням, які накладаються на змінні цільової функції. Потім перевіряється, чи не є цей розподіл оптимальним, і якщо ні, то подальший хід рішення полягає в поступовому приведенні його до оптимального.

До першої групи алгоритмів відноситься метод потенціалів, який історично першим був розроблений (в 1949 р. Л. В. Канторовичем і М. К. Гавурінім). Методи другої групи засновані на ідеї методу коригування множників. Тут спочатку знаходиться розподіл, який не обов'язково задовольняє вимогам допустимості, але строго відповідає вимогам оптимальності. У процесі рішення, план поступово вводиться в межі допустимості при дотриманні умови оптимальності. До даних методів відноситься алгоритм, запропонований А. Л. Брудно.

Такого роду приклади сприяють орієнтації курсантів в професійній, науково-дослідній і творчій діяльності. За допомогою математичного моделювання вирішення науково-технічної задачі зводиться до розв'язку математичної задачі, що є її моделлю. Це дозволяє виробити і розвинути здатність розчленування процесу рішення на логічно завершені і чітко виділені фрагменти. Крім цього, в наведених прикладах здійснюється взаємодія науки, технології, інженерного мистецтва і математики.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Подібні до розглянутих приклади повинні адаптувати курсантів до швидкого розвитку сучасної науки і техніки, диктувати нові підходи до підготовки фахівців у вищих авіаційних навчальних закладах. На даний момент компетентність передбачає не тільки наявність високого рівня знань, а й уміння швидко освоювати нове, вміти застосовувати це нове до практичних завдань. Основою освіти повинні стати не стільки учбові дисципліни, скільки способи мислення і діяльності. Необхідно не лише випустити фахівця, що отримав підготовку високого рівня, але і включити його вже на стадії навчання в розробку нових технологій, адаптувати до умов конкретного виробничого середовища.

В подальшому, на основі вивчення навчальних планів та робочих навчальних програм усіх дисциплін теоретичної підготовки пілотів, планується розробка практикуму з математичного моделювання професійних задач для спеціальності 272 «Авіаційний транспорт» на засадах STEM-освіти.

Список використаних джерел

1. Харченко В. П., Шмельова Т. Ф., Сікірда Ю. В. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія. Київ: НАУ, 2016. 309 с.
2. Шершнева В. А. Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза. *Педагогика*. 2014. №5. С. 62–70.
3. Велединская С. Б., Доровеева М. Ю. Смешанное обучение: секреты эффективности. *Высшее образование сегодня*. 2014. №8. С. 8–13.
4. Мирошник И. В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. СПб.: Питер, 2006. 272 с.
5. Матвеев М. Г., Михайлов В. В. Управление организационно-технической системой в условиях метеорологической неопределенности. Воронеж: ВВАИУ, 2006. 128 с.
6. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 284 с.
7. Хижняков Ю. Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нечетко-нейронного управления в системах реального времени. Пермь: ПНИТУ, 2013. 160 с.
8. Таха, Хэмди А. Введение в исследование операций, 7-е издание: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. 912 с.

References

1. Kharchenko, V. (2016). Pryiniattia rishen v sotsiotekhnichnykh systemakh [*Decision-making in sociotechnical systems*]. Kyiv, 309 p. [in Ukrainian].
2. Shershneva, V. (2014). Formyrovanye matematycheskoi kompetentnosti studentov ynzhenernogo vuza [*Formation of mathematical competence of students of engineering university*]. Kyiv, P. 62-70. [in Russian].
3. Veledinskaya, S. (2014). Smeshannoe obuchenye: sekrety effektivnosti [*Blended learning: the secrets of efficiency*]. Moscow, P. 8-13. [in Russian].
4. Miroshnik, I. (2006). Teoriya avtomaticheskoho upravleniya. Nelineinye i optimalnye sistemy [*Theory of automatic control. Nonlinear and optimal systems*]. Saint Petersburg, 272 p. [in Russian].
5. Matveev, M. (2006). Upravlenie orhanyzatsyonno-tekhnycheskoi sistemoi v uslovyakh meteorologicheskoi neopredelennosti [*Management of an Organizational-Technical System under Conditions of Meteorological Uncertainty*]. Voronezh, 128 p. [in Russian].

6. Borisov, V. (2007). *Nechetkiye modely y sety [Fuzzy models and networks]*. Moscow, 284 p. [in Russian].
7. Khizhnyakov, Yu. (2013). *Alhorytmy nechetkoho, neironnoho i nechetko-neironnoho upravleniya v systemakh realnoho vremeny [Algorithms of fuzzy, neural and fuzzy-neural control in real-time systems]*. Perm, 160 p. [in Russian].
8. Taha, H. (2007). *Vvedeniye v yssledovaniye operatsyi [Introduction to operations research]* Moscow, 912 p. [in Russian].

SEMENIUTA Marina, PhD in Phys.-Math. Sciences, Head of the Physics and Mathematics Sciences Department, Flight Academy of the National Aviation University;

YAKUNINA Iryna, Ph. D. (Engineering), Associate Professor, Department of Physics and Mathematics Subjects, Flight Academy of National Aviation University, Scales of measurements in pedagogical research;

ZADOROZHNA Oksana, Ph. D. (Pedagogica), Associate Professor, Department of Physics and Mathematics Subjects, Flight Academy of National Aviation University, Scales of measurements in pedagogical research.

MATHEMATICAL MODELING AS AN ELEMENT OF STEM-EDUCATION

Abstract. *The possibilities of using the elements of STEM-education in teaching the discipline mathematical modeling of professional problems in an aviation college are demonstrated. Such an approach to the educational process will allow the integration of modern information technologies with advanced teaching methods. With the help of mathematical modeling, the solution of a scientific and technical problem is reduced to solving a mathematical problem, which is its model. This allows you to develop and develop the ability to dismember the process of solving a problem situation into logically complete and clearly distinguished fragments. In addition, examples are given in which the interaction of science, technology, engineering art and mathematics is carried out.*

The STEM-oriented approach to learning contributes to the popularization of engineering and technology professions among young people. STEM promotes awareness among young people about career opportunities in engineering and technology. STEM contributes to the formation of a stable internal motivation of students to study fundamental disciplines by establishing a stable link between the acquired knowledge on natural sciences and mathematical disciplines and their direct application in future professional activities. The study shows the role of STEM-technologies in the theoretical training of civilian cadets pilots. Using STEM technology, you will be able to successfully develop the problem of low motivation to work in educational and cognitive activities, by creating creative support for theoretical activities, as well as use the latest information technologies.

The decision of such tasks should adapt cadets to the rapid development of modern science and technology, dictate new approaches to the training of specialists in higher aviation educational institutions. At the moment, competence involves not only the high level of knowledge, but also the ability to quickly master new ones, be able to apply this new for practical tasks. The basis of education should be not so much the educational discipline, but the ways of thinking and activity. It is necessary not only to issue a specialist who has received a high level training, but also to include it at the stage of training in the development of new technologies, to adapt to the conditions of a particular production environment.

Key words: *STEM education, learning technologies, mathematical modeling, IT technologies, mathematical model*

*Одержано редакцією: 29.08.2019 р.
Прийнято до публікації: 05.09.2019 р.*