

**Н. М. Кіяновська**

*Криворізький національний університет*

**ЗАСОБИ ІКТ НАВЧАННЯ У ФУНДАМЕНТАЛЬНІЙ ПІДГОТОВЦІ  
МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ: ДОСВІД США**

**Анотація:** В статті розглянуто сучасні засоби ІКТ, що використовуються у навчанні фундаментальних дисциплін майбутніх інженерів у Сполучених Штатах Америки. На прикладі Массачусетського технологічного інституту показано еволюцію та конвергенцію засобів ІКТ навчання, наведено рекомендації з використання онлайн ІКТ у вищій інженерній освіті України.

**Ключові слова:** засоби ІКТ навчання, система управління навчанням, відкриті курси.

**Постановка проблеми.** Однією із складових системи професійної підготовки сучасного інженера є фундаментальна підготовка, що включає в себе знання вищої математики та уміння застосовувати набуті знання у професійній діяльності. Використання ІКТ у процесі навчання вищої математики студентів інженерних спеціальностей створює умови для самореалізації студента, що може сприяти підвищенню їх соціальної активності, розвитку критичного мислення, формуванню у студентів організаторських навичок, лідерських якостей, підвищенню відповідальності за результат своєї праці, а також вдосконалення навчального процесу, підвищення якості навчання. Незважаючи на піонерський характер досліджень в галузі інформатики, що проводились в Україні у 1950-70-х рр., переорієнтація на зарубіжну елементну базу та програмне забезпечення у 1980-90-х рр. спричинила відставання вітчизняної ІКТ-галузі від зарубіжних. Одним із шляхів ліквідації такого розриву є розробка нових засобів ІКТ (зокрема, засобів ІКТ навчання) на основі вивчення та узагальнення зарубіжного досвіду. Тому доцільним є дослідження розвитку ІКТ навчання вищої математики студентів інженерних спеціальностей у ВНЗ, що є флагманами

комп'ютерної індустрії США (Массачусетський технологічний інститут, Каліфорнійський університет в Берклі, Техаський університет в Остіні, Університет Карнегі-Меллона та інші).

**Аналіз останніх досліджень з вирішення загальної проблеми та виділення невирішених питань.** Історія та сучасний стан використання ІКТ навчання у вищій інженерній освіті США відображено в роботах О. О. Гриценчук, Т. В. Кузнєцової, Д. Н. Меріно, Б. І. Шуневича. Зокрема, засоби навчання вищої математики висвітлені в роботах Т. Косана, С. А. Ракова, Н. В. Рашевської, С. О. Семерікова, В. А. Штейна. Водночас залишаються не дослідженими загальні тенденції розвитку ІКТ навчання вищої математики студентів інженерних спеціальностей у США у контексті їх еволюції та конвергенції.

**Метою статті** є аналіз досвіду використання сучасних засобів ІКТ навчання фундаментальних дисциплін майбутніх інженерів у Сполучених Штатах Америки з метою вироблення рекомендацій для вітчизняної системи освіти.

**Виклад основного матеріалу.** Інженерна освіта має достатньо давню історію (принаймні з XVI ст.), проте як усталений термін (engineering education) у англійськомовних джерелах з'явилась у 1830-х рр. (рис. 1).

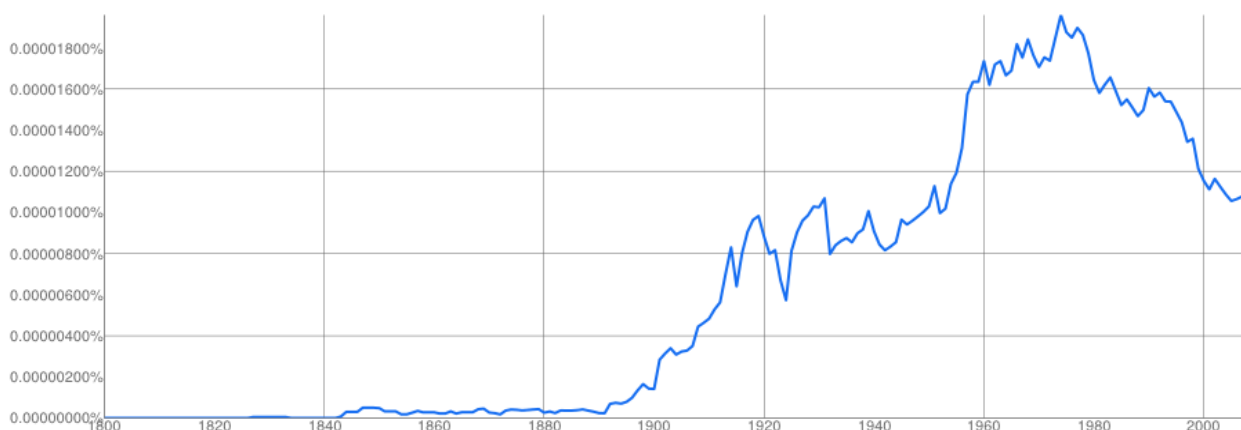


Рис. 1. Вживання терміну «інженерна освіта» (engineering education) у англійськомовних джерелах [5]

Так, у перший рік видання журналу «The Civil Engineer and Architect's Journal» (1837-1838 рр.) було опубліковано редакційну статтю про інженерну

освіту цивільних інженерів [10], у якій аналізується сучасний на той момент стан підготовки інженерів у Європі. Автор вказує, що англійська інженерна освіта є більш досконалою, тому що спонукає до самостійної роботи студентів, виховує відповідальність та ініціативність: «важливе джерело нашої переваги полягає в готовності прийняти все, що нового і корисного, відкидаючи все, що застаріло або абсурдне. Це саме можна сказати і про інженерну освіту в Сполучених Штатах».

Базовий рівень інженерної освіти у США – бакалавр (4 роки). На відміну від Великобританії та України, у США відсутні державні галузеві стандарти вищої освіти: натомість існує потужна система акредитації на чолі з АБЕТ (Accreditation Board for Engineering and Technology) – неурядовою організацією, що, зокрема, оцінює якість підготовки на інженерних спеціальностях на основі «Інженерних критеріїв 2000 року» (Engineering Criteria 2000 – EC2000) [6]. Третій критерій визначає вимоги до знань та вмінь випускників інженерних ВНЗ, серед яких найвищу вагу має «здатність застосовувати прикладні знання з математики, науки та інженерії у професійній діяльності» [6, 18].

Як зазначає Дж. Прадос, у інженерній освіті США за останні 60 років відбулись суттєві зміни, пов'язані з післявоєнним розвитком технологій. «У 1947 році інженерія була високоприкладною галуззю із незначним застосуванням математики на рівні елементарних обчислень. ... У період з 1950 по 1960 рр. відбувся зміна парадигми інженерної освіти з прикладної на математичну, академічну, інженерно-наукову. Курси будови машин ... та подібні до них зникли та були замінені диференціальними рівняннями, теорією управління...» [11, 1]. Наприкінці ХХ століття посилювався вплив ІКТ на інженерну освіту і практику у зв'язку із тенденціями глобалізації виробництва та переходом до суспільства сталого розвитку, тому новими компетенціями інженера стали навички комунікації, спільної роботи, навчання протягом всього життя [11, 2]. Для їх реалізації була необхідна нова освітня парадигма активного проектно-орієнтованого навчання: посилення прикладної спрямованості навчання математики, тісний зв'язок із виробництвом, широке використання ІКТ.

Сьогодні у США студенти всіх інженерних спеціальностей на першому курсі навчання у блоці фундаментальної підготовки вивчають вищу математику, загальну хімію, англійську мову, загальну та сучасну фізику, комп'ютерні науки (насамперед програмування), вступ до інженерії.

Незважаючи на недержавну форму акредитації та традиційне різноманіття пропонованих математичних курсів (як обов'язкових, так і факультативних), навчання вищої математики майбутніх інженерів у США здійснюється за схожими навчальними програмами. Розглянемо, наприклад, зміст навчання вищої математики студентів інженерних спеціальностей одного із провідних ВНЗ США – Массачусетського технологічного інституту (Massachusetts Institute of Technology – MIT).

У 2012 році MIT приймає на заняття в осінньому семестрі (Fall 2012) за 44 напрямками підготовки [8]. Споріднені напрями підготовки об'єднані у школи, найбільш популярною з яких у 2011 р. була Школа інженерії MIT (MIT School of Engineering), у якій навчалось 62,7% студентів MIT за 19 напрямками інженерної підготовки.

Всі першокурсники (freshman) мають опанувати набір обов'язкових навчальних дисциплін (core curriculum) – загальноінститутських вимог (General Institute Requirements – GIRs) [7]. Нормативна підготовка з вищої математики включає в себе елементи математичного аналізу функції однієї змінної та багатьох змінних (Calculus I та Calculus II відповідно, кожен з яких пропонується у декількох версіях: основний курс, додаткові розділи, факультативний курс).

До складу Calculus I включено такі основні теми: диференціальне та інтегральне числення функцій однієї змінної, їх застосування; неформальне введення границь та нескінченності; диференціювання: означення, основні правила, застосування до побудови графіків функцій, швидкість зміни, наближення, екстремуми; невизначений інтеграл; диференціальні рівняння першого порядку з відокремлювальними змінними; визначений інтеграл, основна теорема аналізу; застосування інтегралів у геометрії та науці; елементарні функції; методи інтегрування; полярні координати; правило Лопітала; невластні інтеграли; не-

скінченні ряди: геометричні, гармонійні, прості ознаки порівняння, степеневі ряди для деяких елементарних функцій.

До складу Calculus II включено такі основні теми: числення декількох змінних; векторна алгебра в тривимірному просторі, визначники, матриці; вектор-функції однієї змінної, рух у просторі; скалярні функції декількох змінних: частинні похідні, градієнт, методи оптимізації; подвійні інтеграли та криволінійні інтеграли на площині; точні диференціали та потенційне векторне поле; теорема Гріна та її застосування, потрійні інтеграли, лінійні та поверхневі інтеграли у просторі, теорема дивергенції, теорема Стокса; застосування числення декількох змінних.

Крім обов'язкових навчальних дисциплін (core curriculum) на різних напрямках підготовки пропонується додатково певний список дисциплін для кожного напрямку підготовки. Найбільша кафедра у МІТ кафедра Electrical Engineering & Computer Science (EECS) пропонує чотири освітні бакалаврські програми (6-1, 6-2, 6-3, 6-7) і дві програми магістра інженерії (6-A, 6-P) [13]. Так, програма 6-2 (Electrical Eng. & Computer Science) готує студентів до інженерної діяльності та науково-дослідної роботи у сфері, де розуміння апаратного та програмного забезпечення має важливе значення. За цією програмою студенти повинні пройти GIRs Школи інженерії МІТ, а також кафедральні курси (рис. 2).

З рис. 2 видно, що студенту, крім визначених GIRs курсів Calculus I, Calculus II та Physics 2, необхідно опанувати курси теорії ймовірностей, диференціальних рівнянь, лінійної алгебри та дискретної математики.

Порівняння розподілу кредитів на вивчення вищої математики на інших інженерних спеціальностях МІТ та у інших ВНЗ США (табл. 1) показує, що курси Calculus I та Calculus II є обов'язковими для всіх акредитованих ВНЗ у обсязі щонайменше 4 кредити. Вивчення диференціальних рівнянь та лінійної алгебри не залежить від напряму підготовки, проте різниться кількістю кредитів та рівнем обов'язковості вибору. З табл. 1 та рис. 2 видно, що у МІТ фундаментальній підготовці майбутніх інженерів приділяється найбільша увага, що проявляється не лише у великій кількості кредитів, а й внеску фундаментальних

дисциплін у загальноінженерну та професійну підготовку.

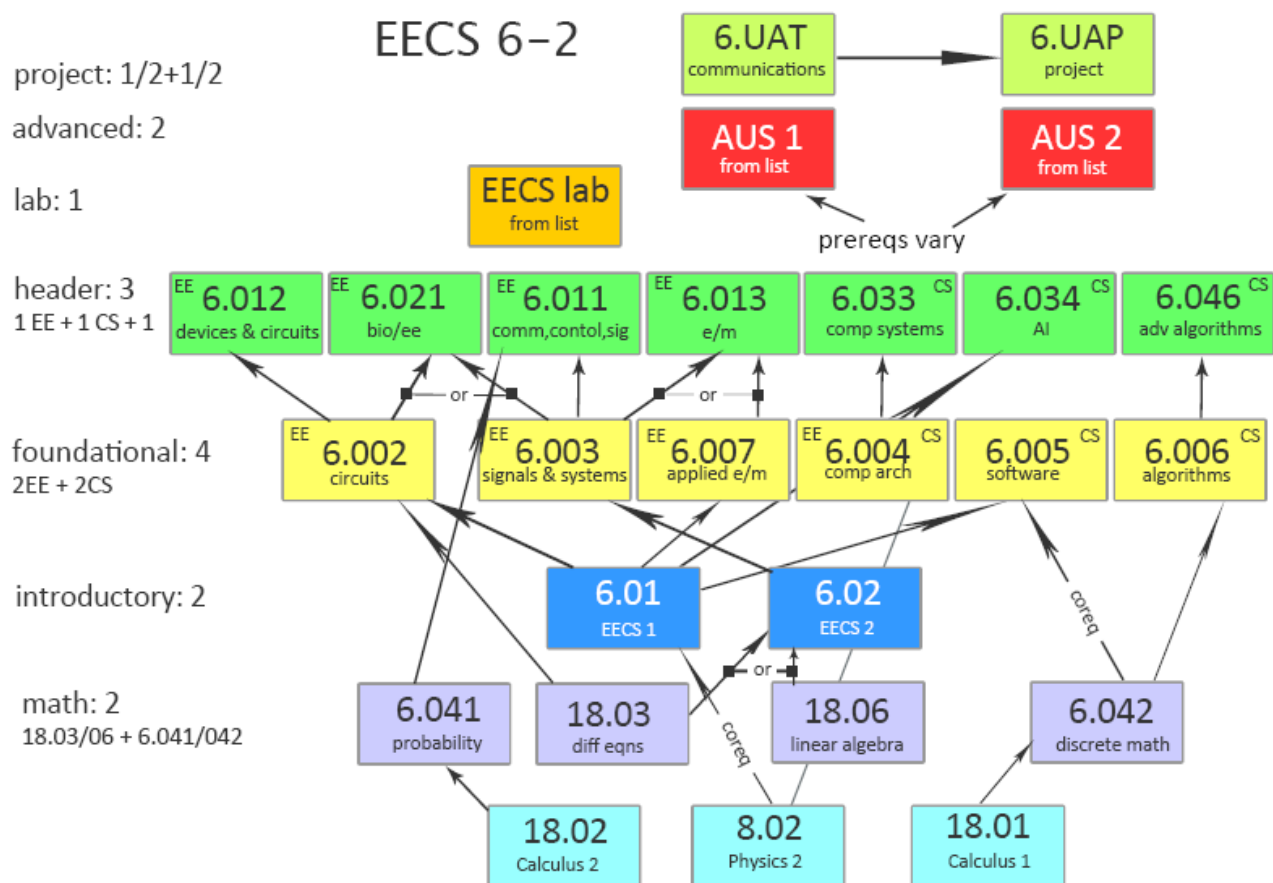


Рис. 2. Схема підготовки бакалавра з електроінженерії та комп'ютерних наук у MIT [3]

Таблиця 1

**Розподіл кредитів на вивчення вищої математики на інженерних спеціальностях у ВНЗ, акредитованих АБЕТ**

ВНЗ	Кількість кредитів (нижня межа – верхня межа)				
	Pre-Calculus	Calculus I	Calculus II	Calculus III (Differential Equations)	Linear Algebra
Massachusetts Institute of Technology		12	12	12	
Purdue University at West Lafayette		4	8	0 – 6	3
New York Institute of Technology		4	4	0 – 7	0 – 3
West Virginia University		4	8	3 – 4	0 – 3

ВНЗ	Кількість кредитів (нижня межа – верхня межа)				
	Pre-Calculus	Calculus I	Calculus II	Calculus III (Differential Equations)	Linear Algebra
California State Polytechnic University, Pomona		4	10	4	4
Georgia Southern University	4	4	4		
University of Pittsburgh at Johnstown		4	4	8	
Howard University		4	4	4 – 8	0 – 3
Illinois Institute of Technology		4	8	4	0 – 3
Lawrence Technological University		4	4	7	
Michigan Technological University		4 – 5	4	5 – 7	2 – 3
Oregon Institute of Technology	0 – 8	8	4	0 – 4	0 – 3
Polytechnic Institute of New York University		4 – 6	4 – 8	2	0 – 2

Найкращий інженерний ВНЗ США – МІТ – відрізняється не лише рівнем фундаментальної підготовки, а й її традиційною підтримкою засобами ІКТ. Так, у 1966 р. лабораторія комп'ютерних наук та штучного інтелекту МІТ (MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory) налічувала близько 100 комп'ютерних терміналів, розташованих як у студмістечку, так й у приватних домах, які одночасно могли використати 30 студентів для розв'язання навчальних задач, моделювання процесів та явищ та спільної роботи у мережі. У 1968 р. у рамках проекту MAC лабораторії була створена перша у світі система комп'ютерної алгебри Maxima (MACSYMA – Project MAC's SYmbolic MANipulator) – родоначальник усіх сучасних систем комп'ютерної математики [15, 4-5].

Визначним етапом розвитку ІКТ навчання у МІТ став спільний із DEC та ІВМ проект Athena, спрямований на інтеграцію різних засобів ІКТ з метою створення освітнього середовища [9]. Основними цілями проекту були створення: 1) комп'ютерно орієнтованих засобів навчання, придатних для роботи у різних навчальних середовищах; 2) теорії використання ІКТ у навчанні; 3) мобільного ІКТ середовища.

Створені у рамках проекту технології широко використовуються сьогодні

не лише у навчанні: так, X Window System є основою переважної більшості графічних інтерфейсів сучасних операційних систем [14]. Athena є основою комп'ютерно орієнтованих засобів навчання у MIT, надаючи її користувачам наступні переваги: легкість адміністрування та використання, стійкість до збоїв, швидкий та повсюдний доступ до навчальних матеріалів і засобів навчання,

Основна концепція проекту Athena – інтеграція та конвергенція засобів ІКТ навчання із традиційними технологіями. У рамках проекту вперше було виконано інтеграцію стороннього програмного забезпечення (зокрема, MATLAB та Maple) у велику кількість навчальних курсів з метою надання студентам та викладачам вільного доступу до нього. Надання вільного доступу до навчальних матеріалів, створених провідними фахівцями MIT, є головною метою проекту MIT OpenCourseWare (MIT OCW). Опубліковані на сайті проекту [4] матеріали включають плани курсів, конспекти лекцій, домашні завдання, екзаменаційні питання, відеозаписи лекцій тощо (рис. 3).



The image shows a screenshot of the MIT OpenCourseWare website. The header features the MIT logo and the text 'MITOPENCOURSEWARE MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY'. The navigation menu includes 'Home', 'Courses', 'Donate', 'About OCW', 'Help', and 'Contact Us'. A search bar is located on the right. The main content area is titled 'Video Lectures' and includes a breadcrumb trail: 'Home > Courses > Mathematics > Linear Algebra > Video Lectures'. Below the title, there is a paragraph of text and an 'RSS' button. Two video lecture thumbnails are displayed, each with a title and a 'Go to this video' link. The first thumbnail shows a professor pointing at a chalkboard with mathematical equations, and the second shows a professor pointing at a chalkboard with a diagram.

Рис. 3. Відкритий курс лінійної алгебри на сайті MIT OCW



Пояснюючи причини створення проекту, його ініціатори наголошували, що OCW продемонструє навчальну програму інституту, зробить вплив на викладання в інших навчальних закладах, і покаже, що MIT ставить знання вище фінансової вигоди. Цю точку зору поділяла більшість викладачів, що в подальшому було підтверджено добровільною участю у проекті 78% професорсько-викладацького складу [1]. Опубліковані на серпень 2012 року 2100 курсів складають приблизно 85% навчальної програми MIT.

Зауважимо, що OCW – не програма дистанційного навчання в MIT, а всього лише зріз того, як певний предмет викладався у певний період. Поточний стан курсів можна знайти на кафедральних сайтах Шкіл MIT. Так, на сайті кафедри математики MIT (<http://math.mit.edu>) містяться наступні відомості про засоби ІКТ навчання Calculus I у осінньому семестрі 2012-2013 н.р.:

- персональні сайти лектора, адміністратора курсу та викладачів, що проводять практичні заняття ([http://math.mit.edu/people/directory\\_faculty.php](http://math.mit.edu/people/directory_faculty.php));

- платформа Piazza для інтерактивної навчальної позааудиторної взаємодії (<https://piazza.com/mit/fall2012/1801/home>): форум для спілкування учасників курсу, на якому будь-хто може розмістити питання чи коментарі з матеріалів курсу, домашніх завдань тощо;

- дистанційна та мобільна (рис. 4) система управління навчанням Stellar, розроблена у MIT (<https://stellar.mit.edu/courseguide/course/18/fa12/18.01/>);

- допоміжні навчальні матеріали, приклади та розв'язання задач у форматі PDF ([http://math.mit.edu/classes/18.01/1801\\_Supplementary%20Notes.html](http://math.mit.edu/classes/18.01/1801_Supplementary%20Notes.html));

- студентський Центр навчання математики (Math Learning Center) для надання консультативної підтримки з курсу (<http://math.mit.edu/learningcenter>);

- версія курсу у OCW Scholar, призначена для самостійного опрацювання (<http://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-01sc-single-variable-calculus-fall-2010>).

Система управління навчанням Stellar надає студентам всі відомості про курси, які вони вивчають, у тому числі оголошення, навчальні програми та календар курсу, контактну інформацію про викладачів, журнал оцінок тощо [12]. На сайтах OCW і Stellar викладачі вищої математики використовують велику

кількість програм, у тому числі веб-додатки, для закріплення основних понять, які були представлені в аудиторії.

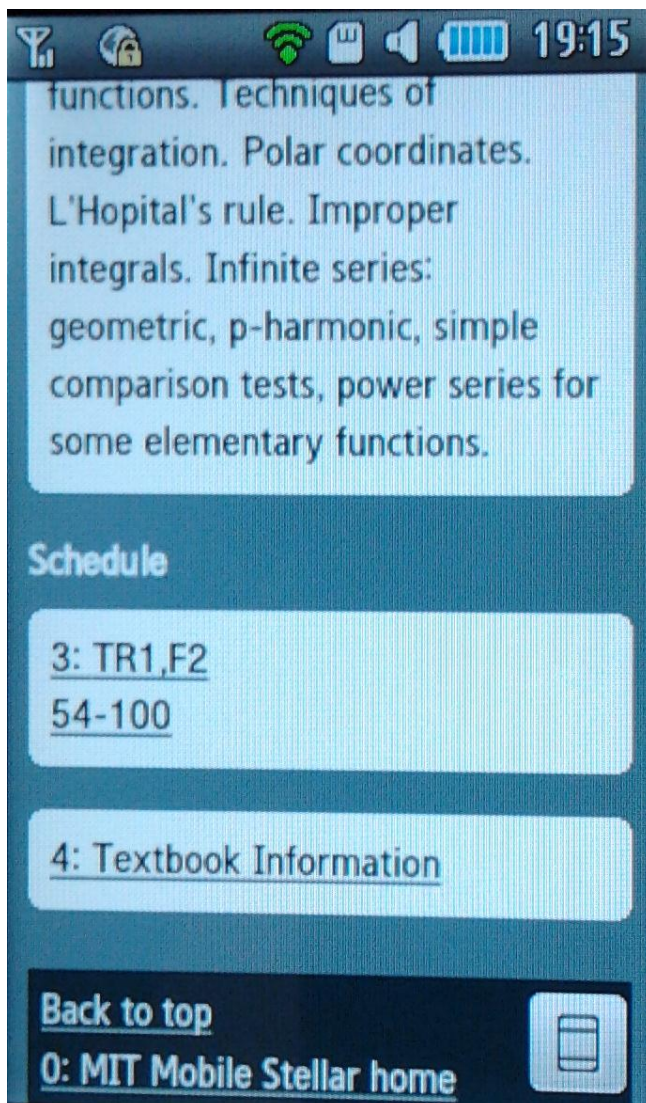


Рис. 4. Мобільна версія системи управління навчанням Stellar (<http://stellar.mit.edu/mobile/atstellar>)

Версія курсу Calculus I, розміщена у OCW Scholar, містить наступні онлайн-ресурси та засоби навчання:

- 1) відеолекції та відеоприкладі розв'язання задач, доступні для завантаження та онлайн-перегляду (зокрема, на YouTube!);
- 2) статичні задачі з розв'язаннями;
- 3) інтерактивні Java-аплети («mathlets» – онлайн-програми математичного призначення), що демонструють ключові концепції курсу (рис. 5).

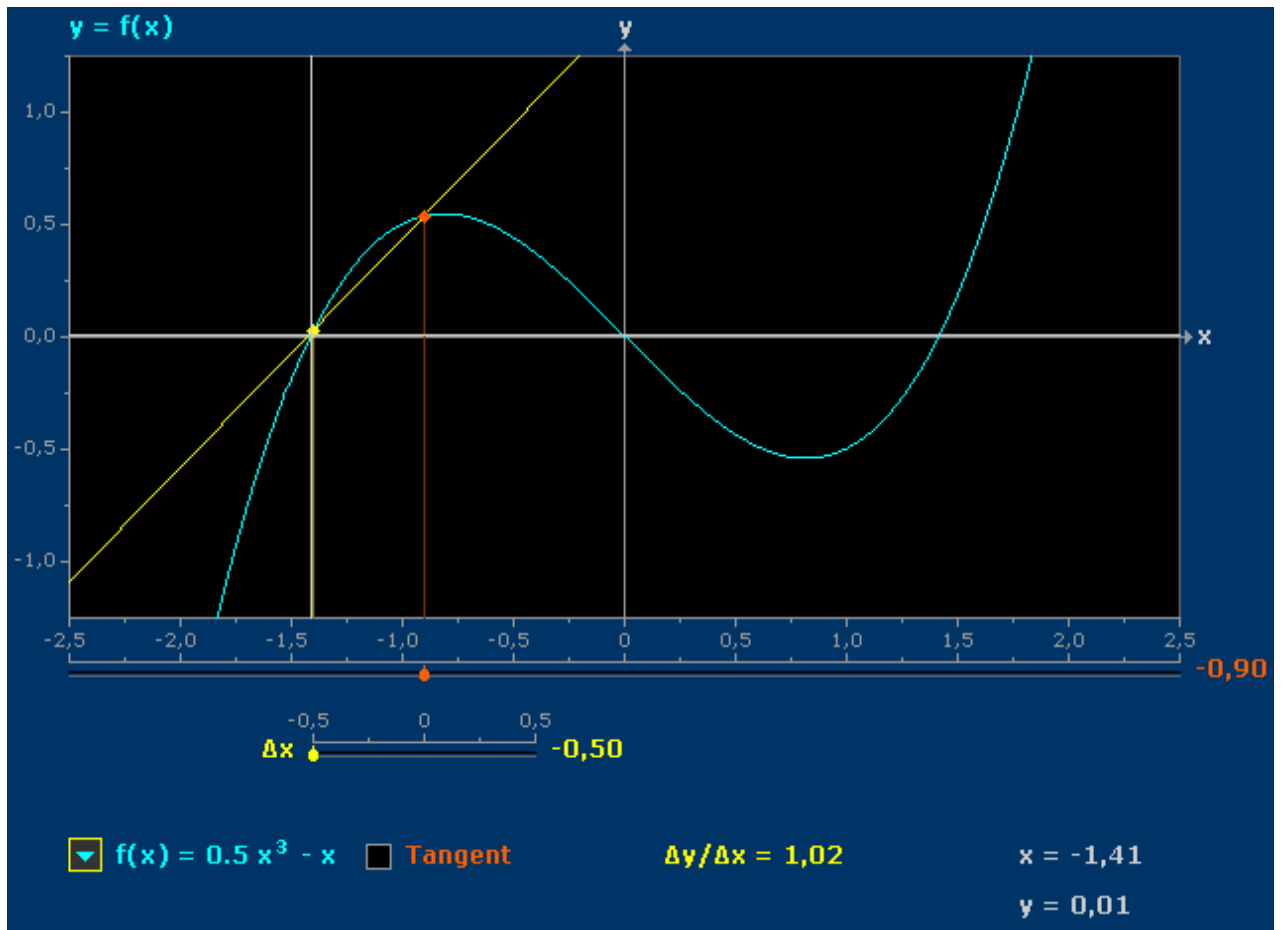


Рис. 5. Лекційна демонстрація «Поняття похідної функції однієї змінної»

Кафедра математики MIT надає студентам наступний мінімальний набір додаткового програмного забезпечення: текстові (Pine, elm, mail) та графічні (Thunderbird) поштові клієнти; текстові (links) та графічні (Firefox) Web-браузери; математичні пакети (Matlab, Mathematica, Maple, R, MAGMA); текстові редактори (emacs, vim, nano, Xemacs, Gedit, OpenOffice); мережні засоби (VoIP – Skype, IM – Empathy, FTP – KFTP); наукові текстові процесори (LaTeX, Kile); компілятори (C/C++ – gcc, icc, Fortran – gfortran, ifort); системи відображення документів (PDF – Acrobat Reader, PostScript – evince, DVI – xdvi) [2].

Як правило, курс вищої математики складається з 2-3 лекцій, викладених професорами, і 2 проробок матеріалу на семінарі з асистентами на тиждень. На лекції вводяться і будуються нові математичні поняття, тоді як на семінарі поняття ілюструються прикладами. У випадку, якщо студенти мають проблеми із засвоєнням будь-якого матеріалу, вони можуть знайти викладачів та асистентів

в будь-який час дня за допомогою сайту Stellar або іншого сайту конкретного курсу [12].

Для більшості математичних курсів MIT загальна оцінка курсу складається в основному з 2-3 проміжних іспитів, кінцевого іспиту, і оцінок щотижневих домашніх завдань. При підготовці до іспитів студентам рекомендується використовувати Інтернет-ресурси, щоб знайти зразки прикладів для опрацювання; переглядати матеріали, такі як іспити за попередні роки або зразки онлайн-завдань. Щотижневі завдання, однак, спираються набагато більше на онлайн-програми та математичні інструменти. Вони розміщені в Інтернет, на сайті Stellar чи на веб-сайті конкретного курсу, тому студенти можуть переглядати і опрацьовувати їх так, як їм зручно. У той час як більшість завдань включає в себе традиційні обчислення (тобто розв'язання без використання засобів ІКТ), серед викладачів MIT існує тенденція розробки завдань з використанням програм, що надають студентам можливість розібратися і зрозуміти навчальний матеріал з вищої математики.

### **Висновки:**

1. Сучасна інженерна освіта США має наступні основні особливості: а) недержавна система акредитації; б) відсутність державних галузевих стандартів; в) математизація та комп'ютеризація загальноінженерних та спеціальних дисциплін; г) прикладна спрямованість навчання вищої математики; д) широке використання засобів ІКТ у навчанні вищої математики.

2. Аналіз фундаментальної підготовки студентів інженерних спеціальностей у ВНЗ США показав, що, незважаючи на недержавну систему акредитації, відсутність державних галузевих стандартів та традиційне різноманіття пропонує математичних курсів (як обов'язкових, так і факультативних), навчання вищої математики майбутніх інженерів у США здійснюється за схожими навчальними програмами.

3. На сучасному етапі розвитку вищої інженерної школи США провідними засобами навчання вищої математики майбутніх інженерів є онлайн ІКТ загального (системи управління навчанням, системи розміщення відкритих на-

вчальних матеріалів, засоби комунікації та спільної роботи) та спеціального призначення (системи комп'ютерної математики, лекційні демонстрації, інтерактивні навчальні матеріали).

4. Використання засобів ІКТ (зокрема, онлайн) у фундаментальній підготовці майбутніх інженерів в Україні сприятиме розвитку їх математичної інтуїції, поглибленню розуміння матеріалу з фундаментальних основ інженерії, активізації навчальної діяльності з вищої математики, надаючи: процесу навчання вищої математики – властивостей мобільності, неперервності та адаптивності, викладачам – нових можливостей із комбінування форм організації та методів навчання вищої математики, студентам – вільний доступ до навчальних матеріалів, мобільну навчальну підтримку та варіативність процесу навчання вищої математики.

**Перспективи подальших досліджень:** розробка методичних основ використання ІКТ онлайн навчання вищої математики майбутніх інженерів.

#### **Список використаних джерел:**

1. 2009 Program Evaluation Findings Summary [Electronic resource] // MIT OpenCourseWare. – [Cambridge] : MIT, 2009. – Mode of access : [http://ocw.mit.edu/ans7870/global/09\\_Eval\\_Summary.pdf](http://ocw.mit.edu/ans7870/global/09_Eval_Summary.pdf)
2. Available Software [Electronic resource] // MIT Mathematics / Massachusetts Institute of Technology, Department of Mathematics. – Mode of access : <http://math.mit.edu/services/help/available.html>
3. Course 6-2: Electrical Eng. & Computer Science [Electronic resource] / MIT EECS : MIT Electrical Engineering & Computer Science. – Cambridge. – Mode of access : <http://www.eecs.mit.edu/academics-admissions/undergraduate-programs/course-6-2-electrical-eng-computer-science>
4. Free Online Course Materials | About OCW [Electronic resource] // MIT OpenCourseWare. – [Cambridge] : MIT, 2002-2012. – Mode of access : <http://ocw.mit.edu/about/>
5. Google Ngram Viewer [Electronic resource]. – [Mountain View,] : Google, 2010. – Mode of access : [http://books.google.com/ngrams/graph?content=engineering+education&year\\_start=1800&year\\_end=2008&corpus=0&smoothing=3](http://books.google.com/ngrams/graph?content=engineering+education&year_start=1800&year_end=2008&corpus=0&smoothing=3)
6. Lattuca L. R. Engineering Change : A Study of the Impact of EC2000 : Executive Summary / ABET ; Lisa R. Lattuca, Patrick T. Terenzini, and J. Fredricks Volkwein. – 2006. – 20 p.
7. MIT Course Catalog: Undergraduate General Institute Requirements [Electronic resource] / MIT Course Catalog 2011-2012. – Mode of access : <http://web.mit.edu/catalog/overv.chap3-gir.html>
8. MIT Subject Listing & Schedule Fall 2012 [Electronic resource] / MIT OFFICE of the REGISTRAR ; Massachusetts Institute of Technology. – Mode of access : <http://student.mit.edu/catalog/index.cgi>
9. Multimedia computing: case studies from MIT Project Athena / Edited by : Matthew E. Hodges, Russ Sasnett ; with members and associates of the Visual Computing Group at MIT Project Athena / Reading : Addison-Wesley, 1993. – 302 p.

10. On Civil Engineering Education, and Rewards // *The Civil Engineer and Architect's Journal*. From October, 1837, to December, 1838. – London, 1838. – Vol. I. – P. 369-370.
11. Prados J. W. Engineering Education in the United States: Past, Present, and Future / John W. Prados // *International Conference on Engineering Education (ICEE-98)* (Rio de Janeiro, Brazil, August 17-20, 1998). – 1998. – 9 p.
12. Trenholm S. Long-Term Experiences in Mathematics E-Learning in Europe and the USA / Sven Trenholm, Angel A. Juan, Jorge Simosa, Amilcar Oliveira, Teresa Oliveira // *Teaching Mathematics Online: Emergent Technologies and Methodologies – USA : Information Science Reference*, 2012. – P. 238-257.
13. Undergraduate Programs [Electronic resource] / MIT EECS : MIT Electrical Engineering & Computer Science. – Cambridge. – Mode of access : <http://www.eecs.mit.edu/academics-admissions/undergraduate-programs>
14. Полищук А. П. Программирование в X Window : учебное пособие / Полищук А. П., Семериков С. А. – Кривой Рог : Издательский отдел КГПУ, 2003. – 192 с.
15. Семеріков С. О. Maxima 5.13 : довідник користувача / С. О. Семеріков ; за ред. академіка АПН України М. І. Жалдака ; Міністерство освіти та науки України, Національний педагогічний університет ім. М. П. Драгоманова, Кафедра інформатики. – К., 2007. – 48 с.

**Anotation:** In article was reviewed a modern ICT tools used in learning of fundamental subjects of future engineers in the United States. On example of MIT shown the evolution and convergence of ICT learning tools. Discussed recommendations for using online ICT in higher engineering education of Ukraine.

**Key words:** ICT learning tools, LMS, open courses.

**N. M. Kijanovs'ka**

*Kryvyi Rih National University*

## **ICT LEARNING TOOLS IN FUNDAMENTAL EDUCATION OF FUTURE ENGINEERS: THE U.S. EXPERIENCE**

1. 2009 Program Evaluation Findings Summary [Electronic resource] // MIT OpenCourseWare. – [Cambridge] : MIT, 2009. – Mode of access : [http://ocw.mit.edu/ans7870/global/09\\_Eval\\_Summary.pdf](http://ocw.mit.edu/ans7870/global/09_Eval_Summary.pdf)
2. Available Software [Electronic resource] // MIT Mathematics / Massachusetts Institute of Technology, Department of Mathematics. – Mode of access : <http://math.mit.edu/services/help/available.html>
3. Course 6-2: Electrical Eng. & Computer Science [Electronic resource] / MIT EECS : MIT Electrical Engineering & Computer Science. – Cambridge. – Mode of access : <http://www.eecs.mit.edu/academics-admissions/undergraduate-programs/course-6-2-electrical-eng-computer-science>
4. Free Online Course Materials | About OCW [Electronic resource] // MIT OpenCourseWare. – [Cambridge] : MIT, 2002-2012. – Mode of access : <http://ocw.mit.edu/about/>
5. Google Ngram Viewer [Electronic resource]. – [Mountain View,] : Google, 2010. – Mode of access : [http://books.google.com/ngrams/graph?content=engineering+education&year\\_start=1800&year\\_end=2008&corpus=0&smoothing=3](http://books.google.com/ngrams/graph?content=engineering+education&year_start=1800&year_end=2008&corpus=0&smoothing=3)
6. Lattuca L. R. Engineering Change : A Study of the Impact of EC2000 : Executive Summary / ABET ; Lisa R. Lattuca, Patrick T. Terenzini, and J. Fredricks Volkwein. – 2006. – 20 p.

7. MIT Course Catalog: Undergraduate General Institute Requirements [Electronic resource] / MIT Course Catalog 2011-2012. – Mode of access : <http://web.mit.edu/catalog/overv.chap3-gir.html>
8. MIT Subject Listing & Schedule Fall 2012 [Electronic resource] / MIT OFFICE of the REGISTRAR ; Massachusetts Institute of Technology. – Mode of access : <http://student.mit.edu/catalog/index.cgi>
9. Multimedia computing: case studies from MIT Project Athena / Edited by : Matthew E. Hodges, Russ Sasnett ; with members and associates of the Visual Computing Group at MIT Project Athena / Reading : Addison-Wesley, 1993. – 302 p.
10. On Civil Engineering Education, and Rewards // The Civil Engineer and Architect's Journal. From October, 1837, to December, 1838. – London, 1838. – Vol. I. – P. 369-370.
11. Prados J. W. Engineering Education in the United States: Past, Present, and Future / John W. Prados // International Conference on Engineering Education (ICEE-98) (Rio de Janeiro, Brazil, August 17-20, 1998). – 1998. – 9 p.
12. Trenholm S. Long-Term Experiences in Mathematics E-Learning in Europe and the USA / Sven Trenholm, Angel A. Juan, Jorge Simosa, Amilcar Oliveira, Teresa Oliveira // Teaching Mathematics Online: Emergent Technologies and Methodologies – USA : Information Science Reference, 2012. – P. 238-257.
13. Undergraduate Programs [Electronic resource] / MIT EECS : MIT Electrical Engineering & Computer Science. – Cambridge. – Mode of access : <http://www.eecs.mit.edu/academics-admissions/undergraduate-programs>
14. Polishhuk A. P. Programmirovaniye v X Window : uchebnoye posobie / Polishhuk A. P., Semerikov S. A. – Krivoj Rog : Izdatel'skiy otdel KGPU, 2003. – 192 s.
15. Semerikov S. O. Maxima 5.13 : dovidnyk korystuvacha / S. O. Semerikov ; za red. akademika APN Ukrainy M. I. Zhaldaka ; Ministerstvo osvity ta nauky Ukrainy, Nacional'nyj pedagogichnyj universytet im. M. P. Dragomanova, Kafedra informatyky. – K., 2007. – 48 s.

**Кіановська Наталія Михайлівна – старший викладач кафедри інженерної математики ДВНЗ «Криворізький національний університет»**

**Домашня адреса: вул. XXII Партз'їзду, буд. 8, кв. 14, м. Кривий Ріг, 50050**

**E-mail: [kiianovska.nataliia@yandex.ru](mailto:kiianovska.nataliia@yandex.ru)**

**Контактний телефон: 0973453046, 0564742449**

**Kijanovs'ka Natalija Myhajlivna is an assistant professor of department of engineering mathematics of State institution of higher education «Kryvyi Rih National University»**

**Domestic address: XXII Partz'i'zdu Str., 8/14, Kryvyi Rih, 50050**

**E-mail: [kiianovska.nataliia@yandex.ru](mailto:kiianovska.nataliia@yandex.ru)**

**Pin telephone: 0973453046, 0564742449**