

## 2.2. SAGEMATHCLOUD ЯК ЗАСІБ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНО-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ТА ІНФОРМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

*Метою дослідження є визначення особливостей здійснення комп'ютерно-орієнтованого навчання математичних та інформатичних дисциплін у хмаро орієнтованому середовищі SageMathCloud. Задачами дослідження є дослідження дидактичного потенціалу SageMathCloud, вивчення його структури, виокремлення складових SageMathCloud для створення хмаро орієнтованих програмно-методичних комплексів та дистанційних навчальних курсів з математично-інформатичних дисциплін. Об'єктом дослідження є комп'ютерно-орієнтоване навчання математично-інформатичних дисциплін. Предметом дослідження є засоби хмарних технологій навчання математично-інформатичних дисциплін. У роботі наведено характеристику дидактичного потенціалу середовища SageMathCloud щодо здійснення комп'ютерно-орієнтованого навчання природничо-математичних та інформатичних дисциплін із використанням засобів хмарних технологій; перелічено та проілюстровано основні компоненти SageMathCloud, що можуть бути використані при проектуванні хмаро орієнтованого програмно-методичного комплексу та дистанційного навчального курсу. Результати дослідження будуть покладені в основу написання методичних рекомендацій для викладачів природничих, математичних та інформатичних дисциплін щодо проектування хмаро орієнтованих навчально-методичних комплексів та дистанційних навчальних курсів на базі SageMathCloud.*

**Ключові слова:** видавнича система LaTeX, дистанційний навчальний курс, інтерпретатор IPython, система комп'ютерної математики, хмаро орієнтований програмно-методичний комплекс, SageMathCloud.

Одним із найпотужніших засобів хмарних технологій навчання природничо-математичних та інформатичних дисциплін на сьогодні є SageMathCloud – хмаро орієнтований

варіант системи комп'ютерної математики SageMath, розміщений на серверах Google [3].

Окрім інтерактивного вивчення зазначених дисциплін, використання SageMathCloud надає такі можливості:

- створення та редагування навчальних і наукових текстів засобами LaTeX, Markdown або HTML;

- співпраця з іншими користувачами в режимі реального часу;

- організація навчальних курсів: додавання студентів, створення власних проєктів, моніторингу їх розвитку з використанням хмаро орієнтованих навчально-методичних матеріалів;

- додавання власних файлів, опрацювання даних, оприлюднення результатів та ін.

Основна робота у SageMathCloud відбувається у *проєкті* – особистому робочому просторі користувача, в якому зберігаються ресурси різних типів (\*.sagews, \*.ipynb, \*.tex, \*.course, \*.sage-chat тощо). Кількість незалежних проєктів – нерегламентована. У межах спільного проєкту користувач-власник має можливість запросити інших до співпраці та оприлюднити окремі файли чи папки.

Кожен проєкт виконується на сервері SageMathCloud, де він ділить дисковий простір, центральний процесор та оперативну пам'ять з іншими проєктами. Безкоштовний тарифний план передбачає використання лише тих ресурсів сервера, що у поточний момент є вільними. Крім того, якщо проєкт користувача безкоштовного тарифного плану не використовується упродовж декількох тижнів, він переміщується у вторинне сховище з метою вивільнення ресурсів серверу, і його повторний запуск займе суттєво більше часу, ніж у користувача платного тарифного плану.

Учасники проєкту можуть об'єднати власні обчислювальні та зберігальні ресурси з метою покращення можливостей проєкту в цілому та перерозподілу ресурсів між собою. Організувати спільну роботу з ресурсами проєкту SageMathCloud можна або на рівні окремо взятого ресурсу, зокрема робочого аркушу, або на рівні проєкту в цілому.

Відкриття спільного доступу на рівні окремо взятого ресурсу є нічим іншим, як web-оприлюдненням вмісту ресурсу

у режимі «лише для читання» для всіх користувачів мережі Інтернет, які мають посилання на даний ресурс. Недоліками такого оприлюднення є те, що користувач-«читач» не має можливості управляти обчисленнями на робочому аркуші, навіть якщо автор використав стандартні елементи управління у ньому. Проте, у разі необхідності, оприлюднений робочий аркуш може бути скопійований або завантажений.

Організація спільної роботи на рівні проекту в цілому можлива як без використання ресурсу типу course, так і за його допомогою. Перший спосіб передбачає підключення до проекту учасників, які матимуть можливість спільно працювати з вже існуючими навчальними ресурсами проекту або додавати нові, запрошувати інших учасників, спілкуватись за допомогою текстового та/або відео чатів у рамках спільного проекту. Внесок кожного учасника спільного проекту у вирішення його завдань може бути переглянутий на сторінках історії роботи з проектом або на сторінках його резервних копій [6].

Основними компонентами SageMathCloud для створення *хмаро орієнтованого програмно-методичного комплексу* (рис. 1) з природничо-математичних або інформатичних дисциплін є:

1) *Sage Worksheets* (\*.sagews) – робочі аркуші Sage, що надають можливість інтерактивного виконання:

– команд систем комп'ютерної математики (Sage, Axiom, R, Pari, Octave тощо);

– команд мов програмування (C, C#, C++, CoffeeScript, Clojure, Sql, Eiffel, Ecl, Elm, Fortran, Go, Haskell, Java, Julia, JavaScript, Lua, Ocaml, PHP, Perl, Python, Ruby, Scala, Scheme, TypeScript);

– команд мов документування (HTML, Markdown тощо);

2) «блокноти» *IPython* (\*.ipynb; з 2016 року – Jupyter Notebook) – синхронізований сеанс мовою програмування Python, який є частиною бібліотеки для наукових та інженерних обчислень SciPy. SageMathCloud надає можливість кільком користувачам взаємодіяти через засоби комунікації у «блокнотах» IPython у синхронному та асинхронному режимах. (Наявність інструменту Besides Sage Worksheets у складі Jupyter Notebooks надає користувачам повний доступ до

класичного Linux-терміналу);

3) документи *LaTeX* (\*.tex) з повною підтримкою *bibtex*, *sagetex*, *beamer* тощо.

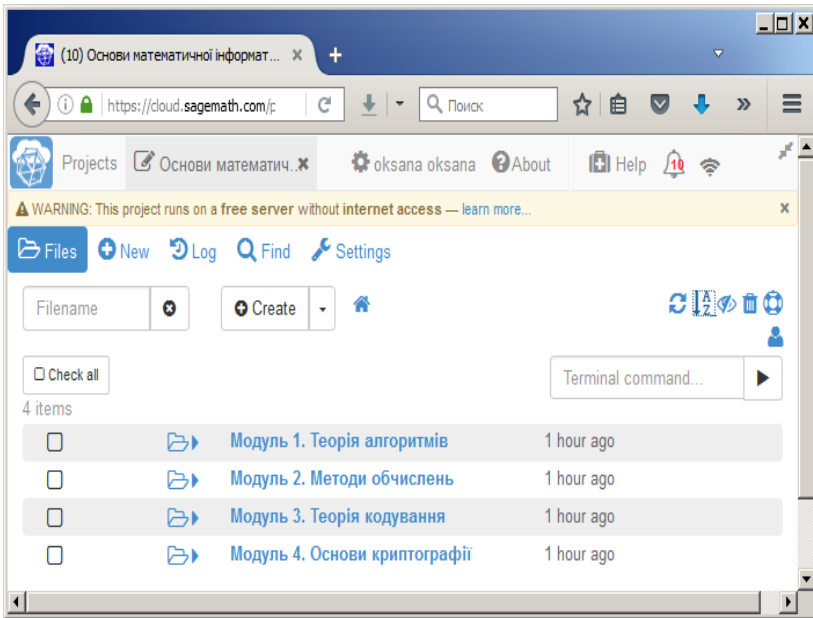


Рис. 1. Сторінка хмаро орієнтованого програмно-методичного комплексу з дисципліни «Математична інформатика» (авт. О. М. Маркова) у SageMathCloud

Оснащеність SageMathCloud *системами реплікації* та *резервного копіювання* є гарантією надійного збереження комплексу-проекту в цілому та окремих його складових, адже збереження кожного проекту здійснюється в трьох фізично відокремлених центрах опрацювання даних, а повне збереження усіх змінених файлів відбувається кожні 2 хвилини [4].

На основі Sage Worksheets можуть бути створені *навчально-методичні матеріали довідникового змісту*, при цьому в одному ресурсі можливе поєднання теоретичних відомостей і інтерактивних прикладів їх застосування на практиці (рис. 2).

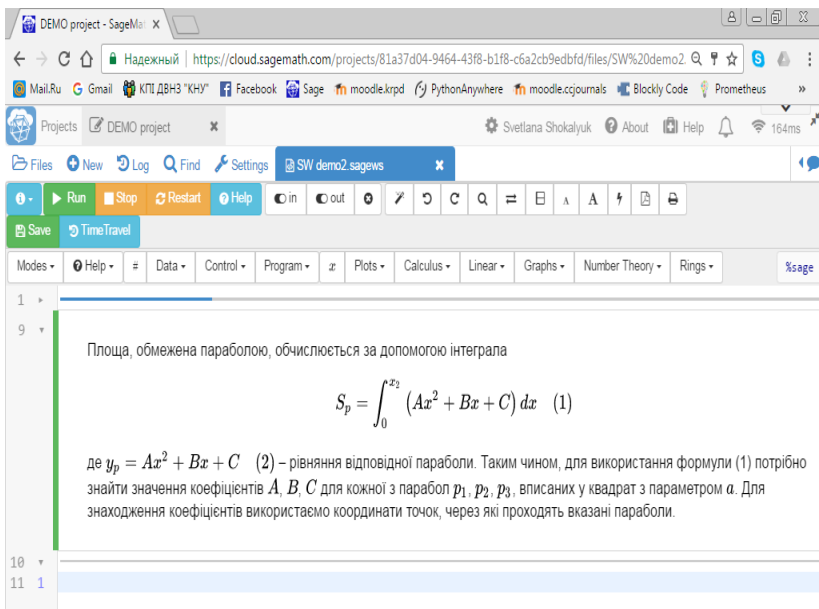


Рис. 2. Фрагмент сторінки інтерактивних навчально-методичних матеріалів довідникового змісту (Sage-аркуш)

За замовчуванням, без додаткових оголошень, на Sage-аркушах можуть бути виконані команди СКМ SageMath. Звернення до команд інших систем комп'ютерної математики можливе після зазначення на початку комірки однієї з так званих «магічних команд» IPython (%axiom, %coffeescript, %cython, %fortran, %gap, %julia, %lisp, %macaulay2, %maxima, %octave, %perl, %python, %r, %scilab, %singular тощо):

```
%r
w <- c(69, 68, 93, 87, 59, 82, 72)
w
plot(w)
```

Окрім навчально-методичних матеріалів довідникового змісту на основі Sage-аркушів можуть бути створені *мари орієнтовані інтерактивні робочі зошити (практикуми тощо)*, призначені для формування й розвитку умінь застосовувати набуті теоретичні знання на практиці (рис. 3).

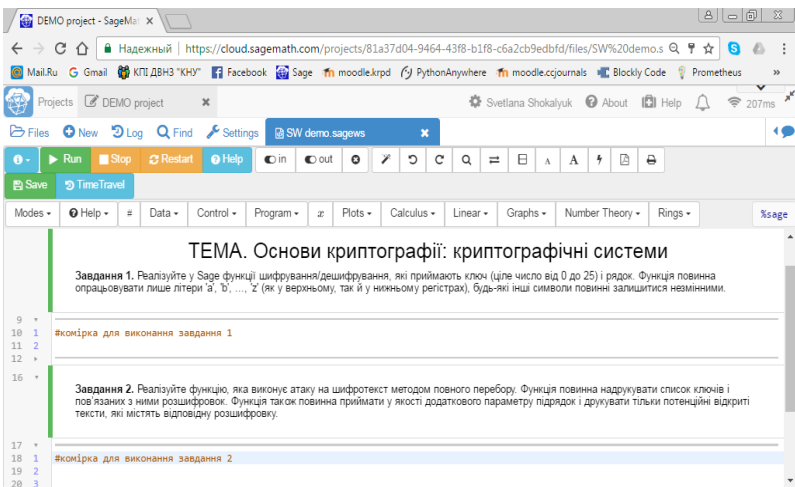


Рис. 3. Фрагмент сторінки хмаро орієнтованого робочого зошиту (Sage-аркуш)

Щодо хмаро орієнтованої підтримки практикумів з інформатичних дисциплін, зокрема програмування, більш зручним і неперевантаженим додатковим математичним інструментарієм буде ресурс *Jupyter блокнот* (рис. 4).

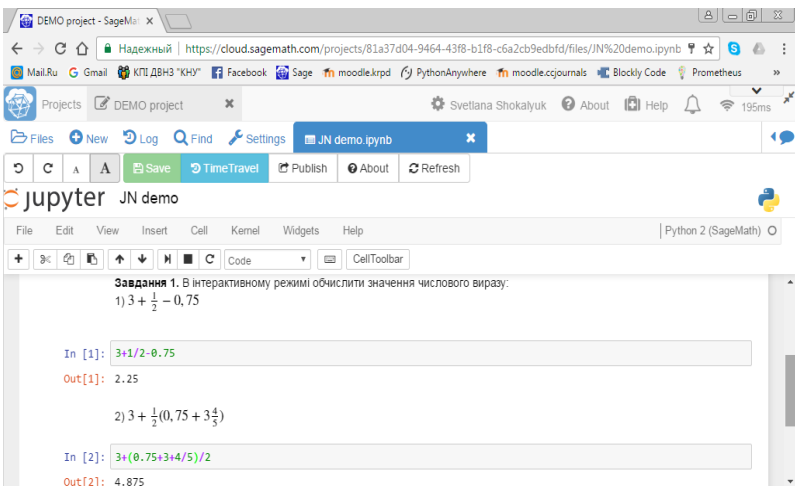


Рис. 4. Фрагмент сторінки хмаро орієнтованого робочого зошиту (Jupyter блокнот)

Підготовка якісних навчально-математичних або науково-математичних текстів (як статичного, так і динамічного змісту) до друку (або зручної роботи із документацією у pdf-форматі) може бути виконана за допомогою інструментарію системи *LaTeX*, як складової SageMathCloud.

*LaTeX* – потужна видавнича система, що відома надзвичайною стабільністю, здатністю працювати на багатьох комп’ютерних платформах і операційних системах, а також практично повною відсутністю помилок. Номер версії *LaTeX* збігається до числа  $\pi$  і зараз дорівнює 3.14159 [2].

Для розробки україномовних математичних текстів у *LaTeX* необхідно підключити модулі для підтримки українського правопису та кодування Unicode. Наприклад (рис. 5):

```
%описова частина документа - преамбула
\documentclass[a5paper,10pt]{article}
\usepackage[ukrainian]{babel}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage{sagetex}
\title{Навчально-методичний посібник
\\ "SageMathCloud у навчанні природничо-математичних
та інформатичних дисциплін"}
\author{С.В. Шокалюк, О.М. Маркова,
С.О. Семеріков\\
Спільна лабораторія з питань використання хмарних
технологій в освіті}
\date{2017}
%тіло документа
\begin{document}
\maketitle
\end{document}
```

Можливість підготовки математичних текстів динамічного змісту (із результатами обчислень) надають вбудовані у *tex*-документ команди спеціалізованого пакету для системи *LaTeX* – SageTeX [5].

Для початку використання SageTeX слід вказати `\usepackage{sagetex}` в описовій частині *tex*-документа. Для вставки результатів виконання Sage-команд у *tex*-документ застосовується команда `\sage{<код Sage>}`, де <код

Sage> – будь-який код мовою Sage. Наприклад, виконання команди `\sage{matrix([[1,2], [3,4]])^2}` призведе до появи у тексті її результату мовою LaTeX:

```
\left(\begin{array}{rr}
7 & 10 \\
15 & 22
\end{array}\right)
```

У команді `\sage` також можуть бути використані посилання на змінні Sage, визначені раніше у поточному документі.

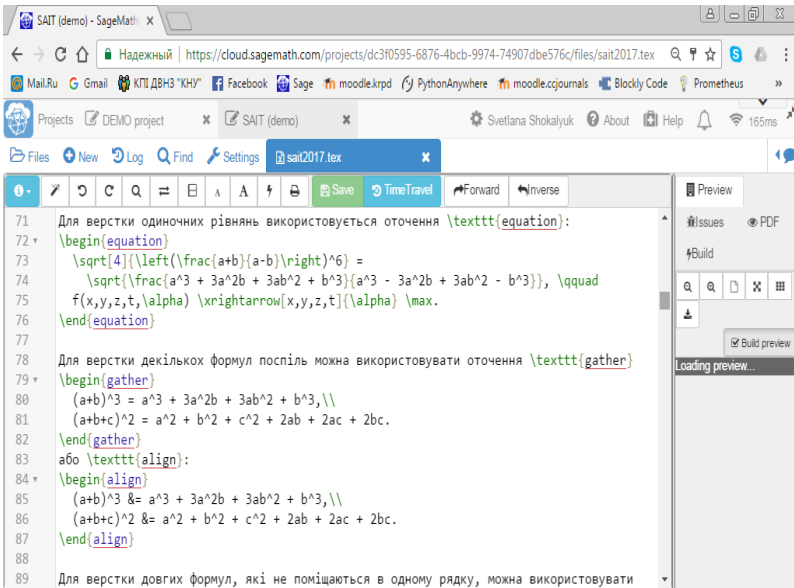


Рис. 5. Фрагмент сторінки із макетом друкованого посібника математичного змісту (tex-документ)

Графічні побудови виконуються за допомогою команди `\sageplot[<опції LaTeX>][<формат>]{<графічні об'єкти>, <ключові аргументи>}`, де:

<опції LaTeX> – будь-який текст, що передається у необов'язкові аргументи, вказані в квадратних дужках, команди `\includegraphics`. Якщо не вказано, буде



використовуватися `\width=.75\textwidth`;

<формат> – вказує розширення графічного файлу, у якому Sage намагатиметься зберегти рисунок. Якщо не вказано, буде збережено у форматі EPS або PDF;

<графічні об'єкти> – відповідні графічні команди мовою Sage;

<ключові аргументи> – будь-які параметри виконання попередніх.

Наприклад, команда `\sageplot[angle=30, width=5cm]{plot(sin(x), 0, pi), axes=False}` призведе до появи у тексті її результату – зображення частини синусоїди, нахиленої під кутом 30°.

Якщо у команді була помилка, замість результату її виконання Sage вставляє два знаки питання.

Для тривимірної графіки зазначення формату вихідного графічного файлу є обов'язковим:

```
\sage{var("x y")}
\sageplot[][png]{plot3d(sin(x+y), [x, 0, pi],[
[y, -pi, 0]), axes=False}
```

Останній приклад можна було б оформити у вигляді фрагменту мовою Sage як блок за допомогою команд `\begin{sageblock}` та `\end{sageblock}`. Наприклад, можна визначити блок:

```
\begin{sageblock}
var('x')
f(x) = sin(x) - 1
g(x) = log(x)
h(x) = diff(f(x) * g(x), x)
\end{sageblock}
```

Після цього у тексті можна звертатись до описаних у ньому функцій та змінних. Наприклад, «Маємо  $h(2) = \sage{h(2)}$ , де  $h$  є похідною добутку  $f$  та  $g$ ». Виклик `\sage` буде коректно замінений на `sin(1)-1`.

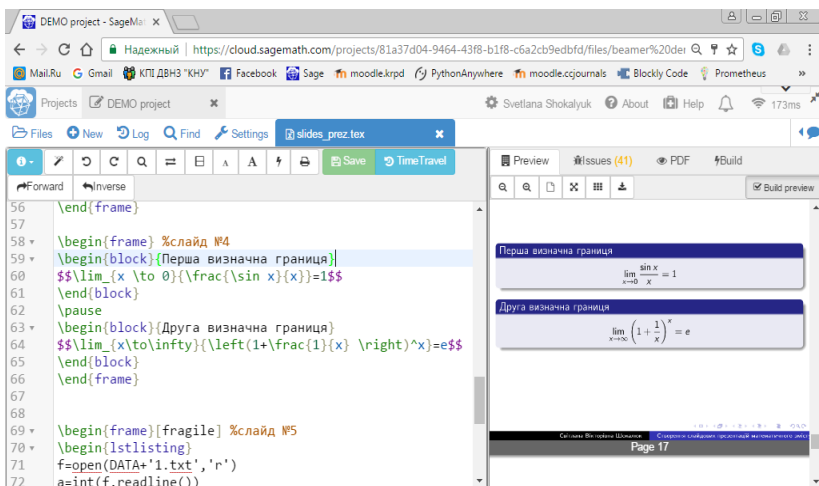


Рис. 6. Фрагмент сторінки із макетом слайдової презентації математичного змісту (tex-документ)

У LaTeX-редакторі на основі шаблону beamer – `\documentclass{beamer}` – можуть бути створені якісні *слайдові презентації математичного змісту* (рис. 6).

Налаштування дизайну презентації (стиль та схема) визначається за допомогою команд `\usetheme{назва_стилю_оформлення}` та `\useoutertheme{назва_кольорової_схеми_презентації}`.

Слайди презентації додаються у документ за допомогою команд-оточення frame:

```

\begin{document}
%додавання титульного слайду презентації
\begin{frame}
  \titlepage
\end{frame}
%додавання нового слайду
\begin{frame}
  %вміст змістового слайду №1
\end{frame}
%додавання нового слайду
\begin{frame}
  %вміст змістового слайду №2

```

```
\end{frame}  
\end{document}
```

Слайд без «шапки» й «підвалу» створюється із зазначенням додаткового параметра `plain`:

```
\begin{frame}[plain]  
  %вміст слайду без «шапки» й «підвалу»  
\end{frame}
```

Для додавання слайду, що містить лістинг програмного коду необхідно додатково підключити пакет `listings` (`\usepackage{listings}` в преамбулі документа), а сам фрагмент програмного коду на слайді розмістити в тілі команди `lstlisting`:

```
\begin{frame}[fragile]  
\begin{lstlisting}  
f=open(DATA+'l.txt','r')  
a=int(f.readline())  
b=int(f.readline())  
print "(%d,%d)"%(a,b)  
while a<>b:  
    if a>b:  
        a=a-b  
    else:  
        b=b-a  
    print "(%d,%d)"%(a,b)  
f.close()  
\end{lstlisting}  
\end{frame}
```

Для виділення важливої частини тексту на слайді призначені команди-оточення `block`, `alertblock` та `exampleblock`:

```
\begin{block}{заголовок синього блоку}  
  %вміст синього блоку  
\end{block}  
\begin{alertblock}{заголовок червоного блоку}  
  %вміст червоного блоку  
\end{alertblock}  
\begin{exampleblock}{заголовок зеленого блоку}  
  %вміст зеленого блоку
```

```
\end{exampleblock}
```

Люзія анімації об'єктів на слайді та переходів між слайдами може бути створена за допомогою команди `\pause`:

```
\begin{frame} %слайд №4
\begin{block}{Перша визначна границя}

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$$

\end{block}
\pause
\begin{block}{Друга визначна границя}

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e$$

\end{block}
\end{frame}
```

Приклад LaTeX-коду з проектуванням анімації елементів списку на слайді:

```
\begin{frame} %слайд
\begin{block}{Стили презентації}
\begin{itemize}
\item<1-> CambridgeUS
\item<2-> Hannover
\item<3-> Madrid
\item<4-> Warsaw
\item<5-> інші
\end{itemize}
\end{block}
\end{frame}
```

Додавання інших об'єктів на слайд – таблиць, формул, графічних зображень тощо – здійснюється звичним чином.

Отже, хмаро орієнтований програмно-методичний комплекс, створений у SageMathCloud як структурований набір Sage-аркушів, Jupyter блокнотів та/або tex-документів (макетів друкованих та презентаційних навчально-методичних матеріалів математичного змісту) є основою комп'ютерно-орієнтованого навчання природничо-математичних та інформатичних дисциплін у форматі електронного навчального курсу, в якому управління та контроль навчанням здійснюється опосередковано. Повноцінне дистанційне навчання у

SageMathCloud може бути організоване за допомогою *менеджера курсів* (Manage a Course), в якому структуровані (розподілені за папками) складові хмаро орієнтованого програмно-методичного комплексу є його визначальними змістовими елементами [6].

### Список використаних джерел

1. Knuth D. E. *Literate Programming* / Donald E. Knuth. – Stanford : Center for the Study of Language and Information, 1992. – XVI+368 p. – (CSLI Lecture Notes, no. 27.)
2. Oetiker T. Не надто короткий вступ до LATEX2ε або LATEX 2ε за 130 хвилин / Tobias Oetiker, Hubert Partl, Irene Huna, Elisabeth Schlegl ; пер. Максим Поляков. – Version 4.12. – 5 травня 2003. – 144 с. – Режим доступу : <http://texdoc.net/texmf-dist/doc/latex/lshort-ukr/lshort-ukr.pdf>
3. SageMathCloud [Electronic resource] / SageMathCloud by SageMath, Inc. – 2016. – Access mode : <https://cloud.sagemath.com/>
4. Stein W. What can SageMathCloud (SMC) do? [Electronic resource] / William Stein // Sage: open source mathematics software This is my blog about things related to sage. – may 1, 2014. – Access mode : <http://sagemath.blogspot.com/2014/05/what-can-sagemathcloud-smc-do.html>.
5. Использование SageTeX [Электронный ресурс] // Учебное пособие Sage v4.3.4 / The Sage Development Team. – 2005-2010. – Режим доступа : <http://freetonik.com/sage/tutorial/sagetex.html>
6. Попель М. В. Організація навчання математичних дисциплін у SageMathCloud: навчальний посібник / М. В. Попель. – 2-ге вид., виправлене // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Кривий Ріг : Видавничий відділ ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2016. – Том XIV. – Випуск 1 (38) : спецвипуск «Навчальний посібник у журналі». – 111 с.