

УДК 378:004.4

Головня О. С.

Житомирський державний університет імені Івана Франка

Варіативний підхід до застосування засобів віртуалізації unіx-подібних операційних систем у підготовці бакалаврів інформатики

Анотація. У статті обґрунтовано потребу вироблення варіативного підходу до застосування засобів віртуалізації unіx-подібних операційних систем у підготовці бакалаврів інформатики. Описується реалізація цього підходу шляхом поєднання засобів віртуалізації у курсі з операційних систем, відповідної адаптації інструктивно-методичних матеріалів до лабораторних робіт. Пропонується орієнтовний план ознайомлення викладачів з технологіями віртуалізації, покликаний

сприяти самостійному усвідомленому добору ними засобів віртуалізації відповідно до індивідуальних потреб. На основі вказаного плану готуються до видання методичні рекомендації із застосування технологій віртуалізації Unix-подібних операційних систем у підготовці бакалаврів інформатики.

Ключові слова: технології віртуалізації; операційні системи; варіативний підхід; бакалаври інформатики.

Важливу роль у підготовці бакалаврів інформатики відіграє навчання операційних систем (ОС), яке здійснюється через вивчення окремого курсу ("Операційні системи", "Операційні системи та системне програмування" тощо) або у межах вивчення інших курсів. Під час практичної роботи з ОС, що вивчаються, є розповсюдженим використання технологій віртуалізації. Це зумовлено рядом причин, зокрема відмінністю ОС, яка вивчається, від ОС, встановленої у комп'ютерних лабораторіях; бажанням уникнути надання студентам адміністративних прав безпосередньо на комп'ютерах лабораторії; прагненням студентів виконувати завдання на власних ноутбуках тощо.

Процес підготовки бакалаврів інформатики вивчали у своїй роботі Т. Я. Вдовичин, Н. Б. Єпик, У. П. Когут, А. П. Кузьменко, В. М. Кузьменко, С. Г. Литвинова та ін. Проблемам підготовки вчителів інформатики присвячено дослідження В. Ю. Бикова, А. М. Гуржия, Л. В. Брескіної, М. І. Жалдака, М. П. Лапчика, О. І. Ляша, Н. В. Морзе, С. М. Прийми, С. А. Ракова, Ю. С. Рамського, О. М. Спіріна, Т. В. Тихонової, Ю. В. Триуса, Г. Ю. Цибко, Г. В. Шугайло та ін. Хмано-орієнтовані інформаційно-освітні середовища, спрямовані на надання засобів навчання для одразу багатьох дисциплін, описані у роботах О. Г. Глазунової, В. П. Олексюка, П. Хробака (Pawel Chrobak), О. В. Якобчука, Й. Янлоса (Johan Jernlås) та ін. Використання технологій віртуалізації у навчанні окремих інформатичних дисциплін розглядали А. Є. Батюк, Д. Є. Ванькевич, Г. Г. Злобін, Л. В. Павленко, М. П. Павленко та ін. Однак в наявних публікації висвітлюється передусім досвід впровадження певних, заздалегідь вибраних, технологій віртуалізації. Лишається недослідженою проблема індивідуального добору засобів віртуалізації для навчання окремих дисциплін, у тому числі для навчання курсу з ОС бакалаврів інформатики.

Метою цього дослідження є вироблення такого підходу до застосування засобів віртуалізації у курсі з ОС для бакалаврів інформатики, за якого би враховувалися б індивідуальні особливості проведення курсу у різних вищих навчальних закладах.

Термін "віртуалізація" має різноманітні тлумачення. Надалі, використовуючи цей термін, матимемо на увазі технології, засоби, методи тощо, яким притаманні три головні риси: (1) поділ ресурсів одного фізичного комп'ютера на кілька взаємно незалежних віртуальних середовищ або об'єднання ресурсів кількох фізичних комп'ютерів в одне віртуальне середовище; (2) оперативність переходу з одного віртуального середовища в інше; (3) приховування реальних фізичних ресурсів та заміна їх абстракціями [1; с.127]. Апаратні складові та програмне забезпечення, за допомогою яких у той чи інший спосіб реалізуються три вищезгадані риси, називатимемо засобами віртуалізації. Відповідне програмне забезпечення називається програмними засобами віртуалізації, або віртуалізаційним програмним забезпеченням, а відповідні апаратні складові – апаратними засобами віртуалізації [2; с.119]. Детальніше різні технології віртуалізації описано та систематизовано в [1].

Нами проведено вивчення особливостей навчання ОС бакалаврів інформатики у вищих навчальних закладах України, у тому числі досвіду застосування з цією метою технологій віртуалізації. Використання технологій віртуалізації у курсі з ОС було досліджено також із залученням вищих навчальних закладів, де готують бакалаврів з інших напрямів. Загальний підсумок дослідження – навчання ОС у вітчизняних вищих освітніх закладах суттєво різняться, зокрема:

- за дисциплінами, у межах яких відбувається вивчення ОС ("Операційні системи", "Операційні системи та системне програмування", "Інформатика" тощо);
- за кількістю годин;
- за навчальними програмами;
- за ОС, що вивчаються (як одночасний розгляд платформ UNIX і Windows, так і вибір лише однієї з них, UNIX чи Windows);
- за технічними умовами (обсягом системних ресурсів, підтримкою технологій апаратної віртуалізації на рівні процесора тощо);
- за співвідношенням використання засобів графічного інтерфейсу та командного рядка під час виконання лабораторних робіт;
- за застосовуваними засобами віртуалізації (гіпервізори II типу на зразок VirtualBox, VMware Player, VMware Workstation; віртуальні контейнери Kernel Based Virtual Machine, OpenVZ, FreeBSD jail, Linux-Vserver; інші засоби, наприклад, Proxmox VE);
- за досвідом викладачів щодо використання технологій віртуалізації (досвід роботи з кількома засобами віртуалізації; досвід роботи з одним засобом віртуалізації; відсутність досвіду роботи із засобами віртуалізації);
- за оцінюванням викладачами важливості факторів, які впливають на вибір засобів віртуалізації (зокрема, фактору підтримки процесорів як із вбудованою апаратною віртуалізацією, так і без неї; фактору наявності у програмному засобі графічного інтерфейсу; фактору можливості віддаленого доступу до віртуалізованої ОС).

Через виявлені відмінності ілюструється не лише індивідуальність наявного досвіду

застосування засобів віртуалізації у курсі з ОС, а й індивідуальність вимог до таких засобів для курсу ОС в принципі.

До аналогічних висновків приводить здійснений у [2] порівняльний аналіз програмних засобів віртуалізації на базі різних технологій віртуалізації: результат добору програмних засобів віртуалізації значною мірою визначається за ваговими коефіцієнтами показників добору і може відрізнятися в кожному окремому випадку.

З іншого боку, процесу навчання ОС із застосуванням технологій віртуалізації притаманна важлива спільна риса – підвищений ризик виникнення технічних проблем під час проведення лабораторних робіт. Це пов'язано із залученням ще щонайменше одного додаткового прошарку, який потенційно може стати додатковим джерелом збоїв – поряд із власне ОС, що вивчається, та іншим застосовуваним програмним забезпеченням, а також апаратними складовими. Уникати подібних проблем частково допомагають досвід роботи із засобом віртуалізації, достатній обсяг системних ресурсів, а також спеціальні захисні механізми всередині засобів віртуалізації, однак навіть тоді ризик зриву лабораторної роботи через технічний збій лишається. Виникає потреба у можливості використання іншого засобу віртуалізації у разі виникнення проблем. Назвемо такий засіб віртуалізації альтернативним засобом віртуалізації, а засіб віртуалізації, застосовуваний за замовчуванням, – основним засобом віртуалізації. Наявність альтернативного засобу віртуалізації є актуальною також у випадку, коли студенти виконують практичні завдання на власних комп'ютерах з операційною платформою, відмінною від платформи у комп'ютерних класах, або з іншими (слабшими) системними параметрами. Взагалі кажучи, у ролі альтернативного засобу може бути використаний не лише засіб віртуалізації. Це також може бути й варіант навчання ОС без залучення технологій віртуалізації (наприклад, мультизавантаження).

Підтвердження цим висновкам знаходимо і у зарубіжному досвіді навчання курсу з ОС. Скажімо, у курсі "Інженерія операційних систем" (6.828: Operating Systems Engineering) у Массачусетському технологічному інституті (Massachusetts Institute of Technology, MIT) станом на осінь 2014 року, поряд із емулятором QEMU також за потреби застосовувався емулятор системних бібліотек Cygwin – у разі, якщо необхідно було працювати з QEMU у Windows-системах [3]. У курсі "Операційні системи" (CS318: Operating Systems) Принстонського університету (Princeton University) восени 2015 року, окрім використання емуляторів Bochs та QEMU в окремо призначеній комп'ютерній лабораторії, було також передбачено можливість роботи з гіпервізором II типу VirtualBox, із наданням для цього готових образів Linux зі встановленим Bochs [4]. У Колумбійському університеті (Columbia University) восени 2016 року до курсу "Операційні системи" (COMS W4118 Operating Systems) включалося виконання студентами домашніх робіт на власних ноутбуках за допомогою наданої віртуальної машини на базі гіпервізора VMware Workstation (якщо на ноутбук Windows або Linux) чи VMware Fusion (якщо Mac OS X) [5]. Подібний підхід застосовувався у той самий період у курсі "Операційні системи" (CS 161: Operating Systems) Гарвардського університету (Harvard University), де було також передбачено використання VirtualBox для комп'ютерів з 32-розрядними версіями Windows та Linux [6].

Отже, поєднання двох і більше засобів віртуалізації у курсі з ОС не лише має сенс з огляду на вітчизняні реалії навчального процесу, а також практикується у ряді найвідоміших вищих навчальних закладів світу.

Таким чином, з одного боку, маємо індивідуальні потреби викладачів і навчальних закладів щодо засобів віртуалізації, застосовуваних у курсі з ОС. З іншого боку також відзначаємо потребу залучення альтернативи основному засобу віртуалізації, що знаходить підтвердження у зарубіжному досвіді навчання ОС. Врахувати обидві потреби дає змогу варіативний підхід до застосування технологій віртуалізації уніх-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики.

Вироблений варіативний підхід спирається на наступні ідеї.

- 1) Познати викладачів та студентів з різноманітністю засобів віртуалізації (відмінності, переваги, обмеження).
- 2) Надати приклад поєднання кількох засобів віртуалізації у межах одного курсу з ОС.
- 3) Адаптувати навчально-методичні матеріали до використання різних засобів віртуалізації.

	Linux	Windows
Адміністрування	VirtualBox Amazon EC2 <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації	Amazon EC2 <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації
Програмування	VirtualBox ± Code::Blocks Amazon EC2 <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації	<input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації + Code::Blocks Amazon EC2 + Code::Blocks

Рис. 1

Комбінація засобів віртуалізації. На рис. 1 подано приклад комбінації засобів віртуалізації та варіантів навчання ОС без залучення віртуалізації. Наведена комбінація використовувалася нами у Житомирському державному університеті імені Івана Франка у межах курсу "Операційні системи та системне програмування" для бакалаврів інформатики.

Стовпці відповідають двом ОС, що вивчаються (Linux та Windows), рядки – освоєнню основ адміністрування ОС та навчання основ системного програмування у них. За необхідності (у разі невеликої кількості годин) комбінацію може бути модифіковано шляхом вилучення із неї одного і більше прямокутників. Приміром, в комбінації, наведеній на Рис. 2 передбачається розгляд лише ОС Linux, а в комбінації на рис. 3 – лише основ адміністрування, проте як у Linux, так і у Windows.

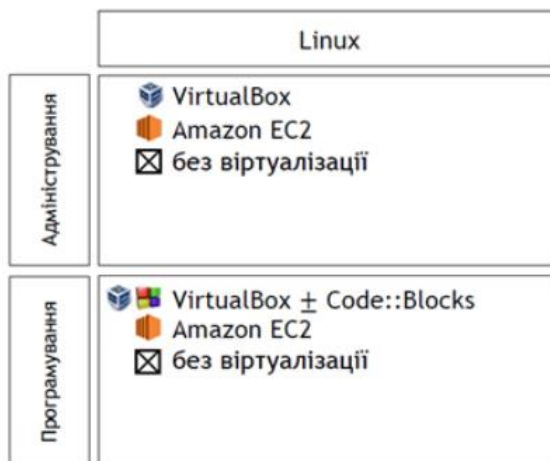


Рис. 2



Рис. 3

Зауважимо, що підхід орієнтовано передусім на unix-подібні ОС (наприклад, Linux). Це пов'язано, зокрема, з більшою відкритістю цих систем до вивчення. Однак, зважаючи на наявність у навчальних програмах також і Windows, комбінація добиралася таким чином, аби можна було організувати навчання обох операційних платформ.

У кожному прямокутнику вказано засоби віртуалізації та варіанти навчання ОС без застосування віртуалізації. Верхній засіб є основним, решта – альтернативними. У даній комбінації пропонується використання двох засобів віртуалізації – VirtualBox та Amazon EC2.

Oracle VirtualBox належить до гіпервізорів II типу. Програмний засіб встановлюється локально (в університетській комп'ютерній лабораторії, на ноутбуках студентів тощо). Основна ОС, вже встановлена на комп'ютерах (наприклад, Windows), лишається без змін.

Amazon EC2 є хмарним сервісом моделі IaaS (Infrastructure as a Service) і його використання надає можливість працювати з віртуальними машинами у хмарі. Сервіс доступний у межах рівня безкоштовного користування веб-сервісами Amazon (Amazon AWS Free Tier), що діє протягом одного року.

Разом із засобами віртуалізації використовується інтегроване середовище розробки Code::Blocks. Крім того, у кожному прямокутнику наявний варіант навчання ОС без віртуалізації, наприклад, коли студент встановлює Linux на власний ноутбук як другу ОС поряд із Windows.

Запропонована комбінація засобів віртуалізації може використовуватись у незмінному вигляді або бути модифікованою відповідно до потреб окремо взятого курсу з ОС. Вона також може виступати у ролі ілюстрації того, як можна поєднувати кілька засобів віртуалізації у межах одного курсу.

Адаптація навчально-методичних матеріалів до використання кількох засобів віртуалізації. Для успішного поєднання кількох засобів віртуалізації в одному курсі потрібна наявність відповідного навчально-методичного забезпечення, передусім інструктивно-методичних матеріалів до лабораторних робіт. Важливо, щоб ці інструктивно-методичні матеріали, з одного боку, не були жорстко прив'язані до певного засобу віртуалізації, а з іншого – в них були інструкції з використання щонайменше двох різних засобів віртуалізації, адаптовані до потреб курсу.

Означену потребу було враховано під час розробки методичного посібника "Операційні системи та системне програмування" [7].

Посібник поділено на дві основні частини – "Інструментарій" та "Лабораторні роботи".

В частині "Інструментарій" наведені самостійні роботи, в яких описуються основи роботи з засобами віртуалізації (VirtualBox, Amazon EC2) та інтегрованим середовищем розробки Code::Blocks. Самостійні роботи можуть бути як обов'язковими для виконання, так і застосовуватися лише за потреби (наприклад, коли засіб, використовуваний раніше, з тих чи інших причин недоступний, і потрібний альтернативний засіб).

В частині "Лабораторні роботи" наведені лабораторні роботи, складені відповідно до наступних принципів.

- Зв'язок між лабораторними роботами та програмними засобами. В інструкціях до лабораторних робіт містяться зауваження щодо засобів віртуалізації та інших використовуваних програмних засобів.

- Розмежованість матеріалу, присвяченому різним ОС. Якщо у межах однієї роботи розглядається декілька ОС, блоки, що відповідають кожній ОС, маркуються з використанням емблеми цієї ОС.

- Розмежованість засобів графічного інтерфейсу та засобів командного рядка. Блоки, у яких описано роботу із засобами графічного інтерфейсу, та блоки, пов'язані із засобами командного рядка, також супроводжуються спеціальним маркуванням. Це дозволяє пропускати блоки, що стосуються графічного інтерфейсу, коли їх опрацювання не передбачене в курсі (або не підтримуються за допомогою даного засобу віртуалізації).

Методичний посібник побудовано таким чином, аби викладач мав змогу добирати самостійні і лабораторні роботи, зважаючи на навчальні плани та програми, доступні засоби навчання, рівень підготовки студентів, власні погляди тощо. На початку кожної роботи, окрім її мети, вказано зв'язки між даною роботою та іншими лабораторними й самостійними роботами (секція "Спершу варто виконати"), засоби віртуалізації та інші засоби, рекомендовані для виконання роботи (секція "Інструменти"). Наведені у кінці кожної роботи *вимоги до захисту та контрольні запитання* також можуть маркуватися.

Ознайомлення викладачів та студентів з різноманітністю засобів віртуалізації. Для усвідомленої реалізації описаного варіативного підходу до застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики на практиці важливе розуміння викладачем суті технологій віртуалізації, різноманітності засобів, доступних для використання у курсі з операційних систем, їх відмінностей, можливостей застосування та обмежень. Це дасть змогу не лише застосовувати засоби віртуалізації із розглянутої вище комбінації засобів віртуалізації, а й самостійно добирати засоби віртуалізації для курсу з ОС відповідно до індивідуальних потреб.

Ознайомлення викладачів курсу з ОС із технологіями віртуалізації може бути організоване за наступним орієнтовним **планом**.

1. Вступне слово (актуальність, проблеми, мета даного ознайомлення).
2. Що таке віртуалізація (суть та багатозначність поняття, уточнення термінології, коротка історія розвитку технологій віртуалізації).
3. Різноманітність технологій віртуалізації та їх систематизація.
4. Хмарні технології та їх зв'язок з технологіями віртуалізації.
5. Огляд деяких засобів віртуалізації (вибраних з точки зору можливостей їх використання у навчанні ОС, передусім unіx-подібних).
6. Приклад комбінації засобів віртуалізації.
7. Поради щодо добору засобів віртуалізації для навчання ОС, у тому числі unіx-подібних.
8. Заключне слово (обмеження, потенційні труднощі та шляхи їх подолання, мотивування до наступної самоосвіти та опанування нових засобів віртуалізації у майбутньому).

Висновки. Індивідуальність вимог викладачів і навчальних закладів щодо засобів віртуалізації, застосовуваних у курсі з ОС та потреба залучення у межах курсу альтернативних засобів віртуалізації спричиняють вироблення варіативного підходу до застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики. Пропонований варіативний підхід спирається на ідеї ознайомлення викладачів та студентів з різноманітністю засобів віртуалізації, надання прикладів поєднання кількох засобів віртуалізації у межах одного курсу з ОС, адаптації навчально-методичних матеріалів до використання різних засобів віртуалізації. Описана комбінація засобів віртуалізації і варіантів навчання ОС без залучення віртуалізації дозволяє організувати навчання основ адміністрування ОС Linux та Windows та системного програмування в них. Розглянутий методичний посібник "Операційні системи та системне програмування" адаптовано до використання вищезгаданої комбінації засобів віртуалізації. Викладач може самостійно добирати лабораторні та самостійні роботи залежно від індивідуальних потреб, чому сприяє організація матеріалу посібника. Запропоновано також орієнтовний план ознайомлення викладачів курсу з ОС із технологіями віртуалізації. У межах подальших досліджень планується створення методичних рекомендацій із застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики.

Список використаних джерел

1. Головна О. С. Систематизація технологій віртуалізації // Інформаційні технології в освіті. 2012. №12. С. 127-133. URL: <http://ite.kspu.edu/issue-12/p-127-133> (дата звернення: 10.10.2016).

2. Головня О. С. Критерії добору програмних засобів віртуалізації у навчанні unix-подібних операційних систем // Інформаційні технології в освіті. 2015. №24. С. 119-133. URL: http://ite.kspu.edu/Issue_24/p-119-133 (дата звернення: 10.10.2016).
3. 6.828: Operating Systems Engineering. Tools Used in 6.828. MIT Official Website. URL: <https://pdos.csail.mit.edu/6.828/2014/tools.html> (request date: 10.10.2016).
4. Computer Science 318: Operating Systems (Fall 2015). Projects. Princeton University Official Website. URL: <https://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall15/cos318/projects.html> (request date: 10.10.2016).
5. Operating Systems I (COMS W4118). Columbia University Official Website. URL: <http://www.cs.columbia.edu/~nieh/teaching/w4118/> (request date: 10.10.2016).
6. CS 161: Operating Systems (Spring 2016). Resources. Harvard University Official Website. URL: <http://www.eecs.harvard.edu/~cs161/resources/appliance.html#cs161> (request date: 10.10.2016).
7. Головня О. С. Операційні системи та системне програмування: Методичний посібник для студ. вищих навч. закл. – Житомир: Рута, 2016. – 400 с.: іл.

Вариативный подход к применению средств виртуализации unix-подобных операционных систем в подготовке бакалавров информатики

Головня Е. С.

Аннотация. В статье обоснована необходимость выработки вариативного подхода к использованию средств виртуализации unix-подобных операционных систем при подготовке бакалавров информатики. Описывается реализация этого подхода путем сочетания средств виртуализации в курсе по операционным системам, соответствующей адаптации инструктивно-методических материалов к лабораторным работам. Предлагается ориентировочный план ознакомления преподавателей с технологиями виртуализации, призванный способствовать самостоятельному осознанному подбору ими средств виртуализации согласно индивидуальным потребностям. На основании указанного плана готовятся к изданию методические рекомендации по применению технологий виртуализации unix-подобных операционных систем при подготовке бакалавров информатики.

Ключевые слова: технологии виртуализации; операционные системы; вариативный подход; бакалавры информатики.

A varied approach to using of unix-like operating systems virtualization technologies in training of bachelors of informatics

Holovnya O. S.

Resume. The paper substantiates a need for a development of a varied approach to using of unix-like operating systems virtualization technologies in training of bachelors of informatics. It also describes the realisation of this approach through combining different virtualization software in operating systems course, along with an adaptation of instructive and training materials for practical assignments. We also suggest an outline aimed to acquaint teaching stuff with virtualization technologies, helping them to make an individual and informed chose of virtualization software. Corresponding methodical guidelines to using of unix-like operating systems virtualization technologies in training of bachelors of informatics are being prepared.

Keywords: virtualization technologies; operating systems; varied approach; bachelors of informatics.