

УДК 004.45:004.42

Спирін Олег Михайлович

доктор педагогічних наук, професор

Державна наукова установа «Інститут модернізації змісту освіти», м. Київ, Україна

ORCID ID 0000-0002-9594-6602

*oleg.spirin@gmail.com***Головня Олена Сергіївна**

асистент

Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна

ORCID ID 0000-0003-0095-7585

olenagolovnya@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ UNIX-ПОДІБНИХ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ПІДГОТОВЦІ БАКАЛАВРІВ ІНФОРМАТИКИ

Анотація. Попри широке використання технологій віртуалізації в галузі освіти, лишається недослідженою проблема індивідуального добору засобів віртуалізації для навчання окремих дисциплін, у тому числі для навчання операційних систем бакалаврів інформатики. Під час дослідження процесу навчання операційних систем майбутніх бакалаврів інформатики було виявлено такі проблеми, пов'язані з використанням технологій віртуалізації, як апаратні і програмні збої; низька швидкість роботи віртуалізованої операційної системи; відсутність адаптованих інструкцій; прив'язаність лабораторних занять до певних аудиторій; неоднаковість умов, у яких здійснюється самостійна робота студентів з віртуалізованою операційною системою. Порівняння балів майбутніх бакалаврів інформатики, одержаних під час проходження курсу з операційних систем, що передбачав вивчення операційних систем Linux і Windows, а також основ теорії операційних систем, показало, що рівень навчальних досягнень, пов'язаних з Linux, був загалом нижчим за рівень навчальних досягнень з дисципліни. Опитування вітчизняних викладачів курсу з операційних систем продемонструвало наявність низки відмінностей щодо особливостей проведення курсу, зокрема неоднаковість досвіду роботи викладачів з технологіями віртуалізації, різноманітність технологій віртуалізації, застосовуваних для навчання студентів, оцінювання важливості факторів добору засобів віртуалізації. У статті запропоновано методику застосування технологій віртуалізації unix-подібних операційних систем у підготовці бакалаврів інформатики, яка спирається на варіативний підхід до використання таких технологій. Підхід передбачає поєднання кількох засобів віртуалізації у межах одного курсу з операційних систем задля відповідності індивідуальним особливостям проведення курсу, індивідуальним потребам студентів і забезпечення стійкості у разі програмних і апаратних збоїв. Описано дидактичну модель, що лежить в основі пропонованої методики, подано результати експериментальної перевірки ефективності методики.

Ключові слова: віртуалізація; операційні системи; бакалаври інформатики.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. У підготовці бакалаврів інформатики важливу роль відіграє навчання операційних систем (ОС), їх будови і функціонування, особливостей роботи з ними і написання програм для них. Лабораторні заняття курсу з ОС часто передбачають залучення технологій віртуалізації. Останні уможливають роботу з ОС, що вивчається, у комп'ютерних класах з іншою ОС (наприклад, вивчення Linux на комп'ютерах з Windows). Технології віртуалізації також дозволяють уникнути надання студентам адміністративних прав на університетських комп'ютерах. Віртуалізація надає середовище для безпечного випробовування команд і програмного коду з мінімальними ризиками для основної ОС і з можливістю повертати віртуалізовану систему до

коректного стану у разі її виходу з ладу. Це актуально й у випадку, коли студенти виконують лабораторні роботи на власних комп'ютерах.

У курсі з ОС може застосовуватися ціла низка технологій програмної й апаратної віртуалізації як встановлюваних локально у комп'ютерних класах, так і з віддаленим мережним доступом, у тому числі хмарних сервісів. Швидкий розвиток технологій віртуалізації, зростання кількості доступних засобів віртуалізації призводять до того, що викладач мусить бути поінформованим щодо різноманіття сучасних засобів віртуалізації, уміти добирати й застосовувати засоби віртуалізації для навчання ОС. Попри це, у зв'язку з неоднаковістю технічних умов, у яких здійснюється виконання студентами практичних завдань, і ризиком програмних і апаратних збоїв під час використання засобів віртуалізації, виникає потреба залучення викладачем декількох таких засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні і практичні аспекти технологій віртуалізації описані у роботах G. J. Popek, R. P. Goldberg [1], J. P. Buzen, U. O. Gagliardi [2], M. Rosenblum [3], A. Whitaker [4], S. Nanda [5], Y. Li [6], J. E. Smith, R. Nair [7], M. Pearce [8], R. Uhlig [9], K. Adams, O. Agesen [10], J. Sugerman [11], H. Oh [12], N. Penneman [13], M. Beham [14], M. Ben-Yehuda [15] та ін.

Процес підготовки бакалаврів інформатики вивчали .А. Ва калюк [16], Т. Я. Вдовичин [17], Н. Б. Єпик, А. П. Кузьменко, В. М. Кузьменко [18], У. П. Когут [19] та ін. Проблеми підготовки вчителів інформатики досліджували А. М. Гуржій [20], М. І. Жалдак [21], Н. В. Морзе [22], Ю. С. Рамський [23] та ін. Застосування технологій віртуалізації у вигляді хмарних обчислень розглянуто у роботах В. Ю. Бикова [24], Т. А. Ва калюк [1], С. Г. Литвинової [25], О. В. Мерзликіна [26], М. В. Попель [27], З. С. Сейдаметової [28], М. П. Шишкіної [29] та ін.

Застосування технологій віртуалізації для навчання окремих інформатичних дисциплін висвітлено у роботах А. Є. Батюка, Д. Є. Ванькевича, Г. Г. Злобіна, Л. В. Павленко, М. П. Павленка та ін. Зокрема, у статті [30] описано досвід використання віртуального середовища Proxmox VE у поєднанні з віртуальними контейнерами OpenVZ та гіпервізором KVM у спецкурсі «Системне адміністрування ОС Linux» для студентів інженерних спеціальностей. У роботі [31] розглянуто застосування технологій віртуалізації для навчання майбутніх інженерів-педагогів IP-телефонії у комп'ютерних мережах на основі гіпервізора VirtualBox. Використання хмарних середовищ, що надають засоби навчання для багатьох дисциплін, досліджували О. Г. Глазунова, О. П. Горбачевська, Г. С. Драган, С. В. Єгоров, В. В. Лапінський, Д. В. Сподарець, В. П. Олексюк, О. В. Якобчук та ін. У роботі [32] розглянуто процес проектування хмаро орієнтованого інформаційно-освітнього середовища для підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій. У статті [33] описано досвід застосування віртуальних хмарних лабораторій для підготовки майбутніх учителів інформатики. Роботу [34] присвячено створенню і застосуванню навчально-наукового кластеру університету на основі приватної хмари і грид-кластера.

Зарубіжну практику використання технологій віртуалізації у навчанні ОС представлено у роботах Н. Boucheneb, M. R. Dagenais, S. Duignan, A. Garmpis, F. Giraldeau, N. Gouvatsos, O. Laadan, J. Nieh, C. Vaill, N. Viennot та ін. У статті [35] розглянуто досвід викладання вступного курсу з ОС із застосуванням технологій і віртуальних машин віддаленого робочого столу задля організації роботи студентів над проектами з розробки ядра ОС, у роботі [36] описано підхід до проведення курсу з ОС на основі готових образів віртуальних машин на базі VMware Workstation/Fusion та системи розподіленого контролю версій Git. У статті [37] висвітлено підхід до введення базових понять курсу з ОС для студентів спеціальності «Computer Engineering» (комп'ютерна інженерія), який передбачає, зокрема, застосування віртуальних машин

для програмування драйверів. Роботу [38] присвячено використанню віртуальних машин у навчанні ОС студентів спеціальності «Business Computing» (інформатика у бізнесі). У статті [39] пропонується веб-ресурс, який забезпечує доступ до емульованої ОС Ubuntu Linux.

Невирішені аспекти проблеми. Однак наявні публікації зосереджують увагу на впровадженні певних вибраних технологій і засобів віртуалізації. Залишається недослідженою проблема індивідуального добору засобів віртуалізації для навчання окремих дисциплін, у тому числі для навчання ОС бакалаврів інформатики, а також недостатня розробленість відповідного навчально-методичного забезпечення, зокрема рекомендацій стосовно добору віртуалізаційного програмного забезпечення, брак інформаційно-дидактичних матеріалів для ознайомлення викладачів і студентів з технологіями віртуалізації.

Метою статті є розроблення методики використання технологій віртуалізації unіx-подібних операційних систем у навчанні бакалаврів інформатики.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі дослідження застосовувався комплекс теоретичних і емпіричних методів. Використано такі теоретичні методи, як аналіз монографій, дисертаційних досліджень, статей, матеріалів науково-практичних конференцій, психолого-педагогічної, методичної, спеціальної літератури з проблеми дослідження, проблем використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, законодавчої та нормативної документації з питань вищої освіти; аналіз і узагальнення вітчизняного та зарубіжного досвіду навчання ОС і використання технологій віртуалізації unіx-подібних ОС, а також власного педагогічного досвіду; моделювання навчального процесу і педагогічного експерименту в умовах застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС. З емпіричних методів застосовувалося педагогічне анкетування, бесіди з викладачами, студентами, фахівцями в галузі, пряме й побічне спостереження за процесом застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики, методи статистичного опрацювання результатів педагогічного експерименту та їх аналізу (критерії Колмогорова-Смирнова та Фішера).

Дослідження виконувалося в Інституті інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України відповідно до тем науково-дослідної роботи «Система інформаційно-аналітичної підтримки педагогічних досліджень на основі електронних систем відкритого доступу» (ДР №0115U002234); «Хмарні технології у навчанні майбутніх вчителів інформатики» (НДР №0117U001063) спільної науково-дослідної лабораторії Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України і кафедри прикладної математики та інформатики Житомирського державного університету імені Івана Франка.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Поняття віртуалізації

Термін «віртуалізація» використовується у багатьох галузях знань, зокрема в інформатиці, освіті, філософії, культурології, економіці, соціології, психології тощо. З точки зору філософії віртуалізацію можна означити як процес переходу від фактичної (актуальної) реальності до віртуальної (потенційної) реальності через певну діяльність людини (енергію) [40].

В інформатиці віртуалізація може тлумачитися у широкому й вузькому розумінні. У широкому розумінні віртуалізація передбачає створення абстракцій для обчислювальних ресурсів, які користувачі отримують у розпорядження замість приховуваних у такий спосіб фізичних відповідників цих ресурсів [41] (наприклад, файли і каталоги замість секторів і доріжок на диску). Водночас, віртуалізація в інформатиці може розглядатися й у вузькому розумінні. Вужче розуміння віртуалізації відображає *робоче означення віртуалізації*, вироблене шляхом аналізу наявних підходів та означень і сформульоване у [42] відповідно до теми дослідження.

Віртуалізація – поняття, що об'єднує технології, засоби, методи тощо, яким одночасно притаманні три головні риси: (1) поділ ресурсів одного фізичного комп'ютера на декілька 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 і заміна їх абстракціями. Прикладами технологій віртуалізації є віртуальні машини, віртуальні контейнери, віртуальні застосунки (віртуальні програмні застосування), віртуальні робочі столи тощо. У такому разі *засобами віртуалізації* називатимемо апаратні складові і програмне забезпечення, які у той чи інший спосіб реалізують три головні риси віртуалізації, вказані вище. Залежно від того, йдеться про апаратні складові чи про програмне забезпечення, виділяють *апаратні засоби віртуалізації* і *програмні засоби віртуалізації* [43]. Програмні засоби віртуалізації часто спираються на апаратні.

У роботі [42] здійснено аналіз різних підходів до систематизації технологій віртуалізації та побудовано узагальнену систематизацію цих технологій за напрямом та за методом віртуалізації, на яку й спиратимемось у даній статті. У методичних рекомендаціях [44] подано оновлений і доопрацьований варіант систематизації.

Технології віртуалізації є основою для *хмарних обчислень* (cloud computing). У контексті навчання ОС особливий інтерес становлять хмарні сервіси на базі моделі IaaS (Infrastructure as a Service – інфраструктура як послуга), а також хмарні інтегровані середовища розробки (integrated development environments, IDE), якщо вони передбачають можливість безкоштовного використання або використання за невисоку оплату.

У статті [43] здійснено порівняльний аналіз засобів віртуалізації з позиції їх використання у курсі з ОС для бакалаврів інформатики й виявлено, що добір засобів віртуалізації суттєво залежить від умов, у яких проводиться курс, а, отже, такий добір має здійснюватися індивідуально [43]. Утім, зазвичай ідеться про залучення гіпервізорів (I, II типу чи гібридних), віртуальних контейнерів і (у деяких випадках) повних емуляторів (pure emulators), а також хмарних сервісів.

3.2. Віртуалізація в освіті

Віртуалізація в освіті не обов'язково передбачає залучення технологій, які відповідають обраному у п. 3.1 робочому означенню. Виокремимо два основні аспекти зв'язку між віртуалізацією в освіті й віртуалізацією в інформатиці.

Перший аспект: *віртуалізація як засіб навчання.* Забезпечити ефект віртуальної реальності під час навчання може низка засобів – як віртуальні машини, віртуальні контейнери, віртуальні застосунки (відповідають робочому означенню), так і, наприклад, віртуальні лабораторії, віртуальні класи, віртуальні мережні спільноти (виходять за межі робочого означення).

Другий аспект: *віртуалізація як предмет навчання.* Віртуалізація, незалежно від розуміння, у якому вона розглядається, також виступає у ролі предмету навчання низки

дисциплін. Перший і другий аспекти пов'язані між собою. Так, віртуальні машини можуть застосовуватися як засіб навчання у курсі з ОС і водночас – бути предметом навчання у межах цього ж курсу.

Надалі у цій статті розглядатимемо віртуалізацію у межах робочого означення і передусім як засіб навчання (перший аспект).

3.3. Дидактична модель застосування віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики

Дидактична модель є основою для розроблення методики, а її компоненти відповідають етапам розроблення: *цільовий, змістовий, методичний, випробувальний, діагностичний та аналітичний* (рис. 1).

Якщо курс проводиться неодноразово, послідовність етапів повторюється, і на кожному етапі може бути внесено зміни до відповідного компоненту моделі. З метою усунення й профілактики технічних збоїв виділено окремий компонент – випробувальний. Виявлені проблеми (не лише технічні) доцільно документувати для подальшого аналізу.

Цільовий компонент. Мету застосування технологій віртуалізації зумовлено галузевим стандартом вищої освіти за напрямом підготовки *6.040302 Інформатика* [45], нині – спеціальністю *014.09 Середня освіта (Інформатика)*; проаналізованими дослідженнями з підготовки вчителів інформатики; світовим досвідом навчання ОС (керівними принципами розробки навчальних програм *Computer Science Curricula 2013* [46], підручниками з ОС, відомостями з освітніх веб-ресурсів ВНЗ). В основу мети та завдань застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики покладено компетентності майбутніх учителів інформатики, визначені у монографії [47].

Мета застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики полягає у створенні умов для формування в студентів науково-предметних і професійно-практичних компетентностей, пов'язаних зі знанням теоретичних основ будови і функціонування unіx-подібних ОС, володінням базовими прийомами адміністрування цих ОС та системного програмування у них.

Відповідно до мети сформульовано *завдання, науково-предметні та професійно-практичні компетентності* бакалаврів інформатики, які підлягають формуванню, та *результати навчання*.

Другий і третій рівні утвореної у такий спосіб чотирирівневої структури подано у табл. 1.

Змістовий компонент дидактичної моделі визначається змістом навчальної дисципліни «Операційні системи та системне програмування», що, у свою чергу, формується згідно з метою і завданнями застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики, відповідними компетентностями й очікуваними результатами навчання.

Відповідно до описуваної методики, передбачено такі змістові модулі: (1) Початкові відомості про ОС; (2) Процеси та потоки; (3) Пам'ять; (4) Файлові системи; (5) Безпека; (6) Планування; (7) Міжпроцесова та міжпоточкова взаємодія; (8) Віртуалізація.

Також до змістового компоненту включено критерії оцінювання сформованості компетентностей для наступного залучення на етапі діагностування (табл. 2).

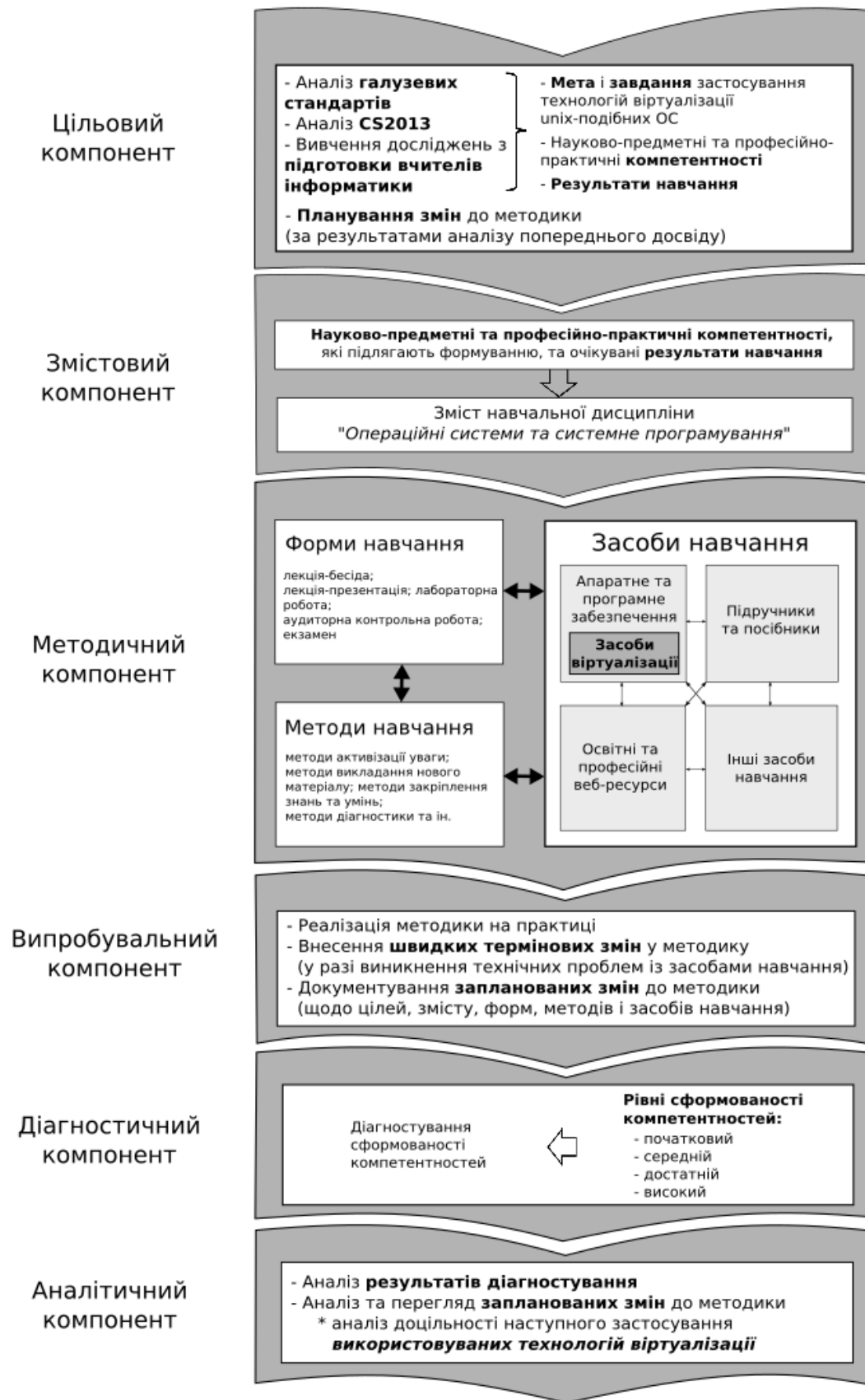


Рис. 1. Дидактична модель застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики

Таблиця 1

Завдання застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики і відповідні їм компетентності

Завдання	Компетентності
1) Навчання основ теорії ОС	<ul style="list-style-type: none"> – Знати та розуміти основні етапи, напрями та тенденції розвитку ОС; – орієнтуватися у класифікації ОС, з урахуванням їх архітектури та сфери застосування; – знати та розуміти теоретичні основи будови та функціонування ОС
2) Освоєння основ адміністрування ОС	<ul style="list-style-type: none"> – уміти використовувати інтерфейс користувача unіx-подібних ОС (графічний інтерфейс і/або інтерфейс командного рядка); – уміти налаштовувати мережне з'єднання у unіx-подібних ОС; – уміти встановлювати програмне забезпечення у unіx-подібних ОС, виконувати його наступне оновлення та деінсталяцію; – уміти відстежувати роботу процесів та потоків в ОС і керувати ними; – уміти здійснювати моніторинг використання різних видів пам'яті; – володіти основами роботи з файловою системою у unіx-подібних ОС; – володіти основами роботи з налаштуваннями системи безпеки ОС
3) Навчання основ системного програмування	<ul style="list-style-type: none"> – володіти основами системного програмування мовою C++ у Linux і/або Windows
4) Створення передумов для подальшої самоосвіти з ОС	<ul style="list-style-type: none"> – уміти одержувати довідкові відомості щодо використання ОС та програмування у них

Таблиця 2

Критерії і показники сформованості науково-предметних та професійно-практичних компетентностей бакалаврів інформатики

Критерії	Показники
1. Теоретичний <i>Знання основ теорії ОС</i>	1.1. Знання та розуміння основних етапів, напрямів та тенденцій розвитку ОС 1.2. Орієнтування у класифікації ОС, з урахуванням їх архітектури та сфери застосування 1.3. Знання та розуміння теоретичних основ будови та функціонування ОС
2. Адміністративний <i>Володіння основами адміністрування ОС</i>	2.1. Вміння використовувати інтерфейс користувача unіx-подібних ОС 2.2. Вміння здійснювати налаштування мережного з'єднання у unіx-подібних ОС 2.3. Вміння встановлювати програмне забезпечення у unіx-подібних ОС, виконувати його наступне оновлення та деінсталяцію 2.4. Вміння відстежувати роботу процесів та потоків в ОС і керувати ними 2.5. Вміння здійснювати моніторинг використання різних видів пам'яті в ОС 2.6. Володіння основами роботи з файловою системою у unіx-подібних ОС 2.7. Володіння основами роботи з налаштуваннями системи безпеки ОС
3. Програмістський <i>Володіння основами системного програмування</i>	3.1. Володіння основами системного програмування в ОС Linux мовою C++ із застосуванням системних бібліотек 3.2. Володіння основами системного програмування в ОС Windows мовою C++ із застосуванням API-інтерфейсу.
4. Самонавчальний <i>Здатність до наступної самоосвіти з ОС</i>	4.1. Вміння одержувати довідкові відомості щодо використання ОС та програмування у них вбудованими засобами ОС 4.2. Вміння одержувати довідкові відомості щодо використання ОС та програмування у них зі спеціалізованих веб-ресурсів

Кожний із зазначених показників може бути оцінено відповідно до **чотирьох рівнів**: початковий, середній, достатній та високий.

1. Початковий рівень (2 бали). Студент має фрагментарні уявлення про основні етапи і напрями розвитку ОС, класифікацію ОС, основи будови і функціонування ОС. З

активною допомогою викладача: використовує інтерфейс користувача; пояснює окремі готові налаштування ОС і виконує окремі кроки щодо їх зміни; пояснює деякі фрагменти готового програмного коду й виправляє деякі помилки у ньому. Знає назви окремих довідкових команд та веб-ресурсів.

II. Середній рівень (3 бали). Студент має базові уявлення про основні етапи і напрями розвитку ОС, основи будови і функціонування ОС, основні класи й архітектури ОС. З помірною допомогою викладача: використовує інтерфейс користувача; переглядає і пояснює основні готові налаштування ОС, нескладні налаштування змінює; здатний написати програму, подібну до наданих прикладів; виправляє більшість помилок у коді. Знає довідкові команди і веб-ресурси й застосовує їх до розв'язання простих проблем.

III. Достатній рівень (4 бали). Студент добре орієнтується в основних етапах і напрямках розвитку ОС; класах та архітектурах ОС; основах будови і функціонування ОС. З епізодичною допомогою викладача й застосовуючи довідкові матеріали: використовує інтерфейс користувача; пояснює більшість готових налаштувань ОС, змінює їх значну частину; здатний написати програму для реалізації завдань, близьких до наданих прикладів; виправляє майже всі помилки у коді. Знає довідкові команди і веб-ресурси й застосовує їх до розв'язання проблем помірної складності.

IV. Високий рівень (5 балів). Студент вільно орієнтується в основних етапах і напрямках розвитку ОС; класах та архітектурах ОС; основах будови і функціонування ОС. Вільно чи з епізодичним залученням довідкових матеріалів: використовує інтерфейс користувача; пояснює, змінює налаштування ОС; здатний написати програму для реалізації завдань, суттєво відмінних від наданих прикладів; самостійно виправляє помилки у коді. Знає довідкові команди і веб-ресурси й застосовує їх до розв'язання складних та нестандартних проблем.

Методичний компонент. У межах методичного компоненту дидактичної моделі визначаються форми, методи та засоби, спрямовані на досягнення поставленої мети. Коротко опишемо форми, методи та засоби навчання, які використовуються під час навчання дисципліни «Операційні системи та системне програмування».

Застосовувані у методиці технології віртуалізації Unix-подібних ОС належать передусім до засобів навчання. Серед інших передбачених методикою засобів навчання виділимо апаратне і програмне забезпечення (у тому числі й засоби віртуалізації), підручники і посібники, освітні й професійні веб-ресурси тощо.

Форми і методи навчання використовуються традиційні, скомбіновані з урахуванням доцільності їх залучення під час навчання окремих змістових модулів чи окремих видів роботи. Передбачено застосування таких форм навчання, як лекція-бесіда, лекція-презентація, лабораторна робота, аудиторна контрольна робота, екзамен. Для подання загальних відомостей з теорії ОС використовуються лекція-презентація та лекція-бесіда. Теоретичні відомості, пов'язані з питаннями адміністрування ОС та системного програмування у них, містяться в інструктивно-методичних матеріалах до лабораторних робіт і, зазвичай, перемежуються практичними завданнями. Діагностування сформованості компетентностей здійснюється у формі захисту студентами лабораторних робіт (демонстрація практичних умінь, знання відповідей на контрольні запитання), контрольних тестових опитувань з теорії ОС та підсумкового усного екзамену. Такі методи, як розповідь, пояснення, бесіда застосовуються передусім під час лекцій. Під час лабораторних занять зі словесних методів використовується інструктаж, пояснення, але переважають наочні (демонстрація, спостереження) та практичні методи (лабораторна робота). Лекції додатково передбачають запитання від викладача до студентів (запитання на розвиток творчого мислення й, зокрема, із залученням «мозкового штурму») і запитань від студентів до

викладача. Інструктивно-методичні матеріали також містять низку потенційних запитань, які можуть виникати у студента під час опрацювання теоретичних відомостей або виконання практичних завдань, супроводжувані готовими відповідями або підказками для самостійного пошуку відповідей.

Випробувальний компонент. Відбувається реалізація методики на практиці. Недоліки, проблеми та ідеї щодо вдосконалення методики, у тому числі такі, що стосуються застосовуваних засобів віртуалізації, вважаємо за доцільне документувати у процесі їх появи. Також документуванню можуть підлягати успішні розв'язання технічних проблем, зокрема із засобами віртуалізації.

Діагностичний компонент передбачає діагностування сформованості компетентностей шляхом перевірки результатів навчання під час заходів із контролю. Основними формами контролю є захист студентом лабораторних робіт, проходження ним контрольних тестових опитувань з теоретичного матеріалу, а також складання підсумкового усного екзамену.

Аналітичний компонент призначений для аналізу і підсумовування ходу й результатів реалізації методики протягом поточної ітерації. Окрім результатів діагностування рівня сформованості визначених компетентностей, розгляду можуть підлягати власні спостереження викладачів, які здійснювали навчальний процес відповідно до запропонованої методики, враження студентів, думка запрошених експертів тощо. Наступна ітерація процесу проектування методики передбачає корегування мети і завдань відповідно до підсумків аналізу. Зокрема, використовувані засоби віртуалізації можуть бути змінені або доповнені іншими, а методика їх застосування – вдосконаленою.

3.4. Констатувальний етап експерименту

Констатувальний етап педагогічного експерименту тривав з 2013 до 2015 року. У межах констатувального етапу було реалізовано зокрема такі заходи.

- Проаналізовано *вітчизняний та зарубіжний досвід навчання ОС* і роль у ньому засобів віртуалізації. Аналіз здійснювався шляхом опрацювання науково-методичних публікацій, підручників, навчальних програм, вітчизняних галузевих стандартів та зарубіжних рекомендацій щодо розробки навчальних програм, матеріалів з відкритих освітніх ресурсів низки ВНЗ світу. Особливу увагу приділено досвіду зарубіжних ВНЗ, які є лідерами у рейтингах за підготовкою зі спеціальності «Computer Science». З'ясувалося, які теми вивчаються; які ОС розглядаються; як організовано практичну частину курсу; яке місце у навчанні ОС займають технології віртуалізації; які засоби віртуалізації застосовуються.

- Проведено *бесіди* зі студентами, які вивчають курс з ОС, вітчизняними викладачами відповідного курсу й фахівцями у галузі.
- Проаналізовано *власний досвід* викладання курсу з ОС бакалаврам інформатики у Житомирському державному університеті імені Івана Франка.
- Здійснено *аналіз балів*, одержаних майбутніми бакалаврами інформатики під час вивчення курсу з ОС (підсумкового балу з дисципліни, середнього балу за лабораторні роботи з Linux, балу за тестове опитування «Unix-подібні операційні системи»).
- Проведено *анкетування викладачів* щодо їхнього досвіду застосування технологій віртуалізації під час викладання курсу з ОС.

Аналіз вітчизняного і зарубіжного досвіду навчання ОС виявив використання технологій віртуалізації під час виконання лабораторних робіт у більшості випадків, а у частині випадків – їх розгляд у межах лекційної частини курсу. Відзначено суттєву

різноманітність конкретних застосовуваних засобів віртуалізації, а в низці зарубіжних ВНЗ – використання декількох засобів. Зважаючи на те, що навчання ОС у проаналізованих випадках різнилося обсягом годин і навчальними програмами, у переважній більшості цих випадків пріоритетним було вивчення unix-подібних ОС. Зарубіжний досвід навчання ОС детальніше розглянуто у [48].

Під час бесід зі студентами і викладачами й аналізу власного досвіду викладання курсу з ОС було відзначено такі проблеми, пов'язані із застосуванням технологій віртуалізації для навчання ОС, як апаратні і програмні збої; низька швидкість роботи віртуалізованої ОС; відсутність адаптованих інструкцій; прив'язаність лабораторних занять до певних аудиторій; неоднаковість умов, у яких здійснюється самостійна робота студентів з віртуалізованою ОС та ін.

Порівняння балів майбутніх бакалаврів інформатики (табл. 3), одержаних під час проходження курсу з ОС, показало, що у разі одночасного вивчення ОС Linux, ОС Windows та основ теорії ОС загальний рівень навчальних досягнень, пов'язаних з ОС Linux, був загалом нижчим за рівень навчальних досягнень з дисципліни. На рис. 2 показано результати однієї з підслідних груп, результати решти груп демонструють аналогічну тенденцію.

Таблиця 3

Студенти, які брали участь у констатувальному етапі педагогічного експерименту

Навчальний рік, у якому вивчалася дисципліна	Житомирський державний університет імені Івана Франка			Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка		
	2010-11	2011-12	2013-14	2011-12, 2012-13	2012-13, 2013-14	2013-14
Курс, на якому вивчалася дисципліна	II	II	II	III і IV	III і IV	III
Кількість студентів у групі	26	22	22	9	3	16

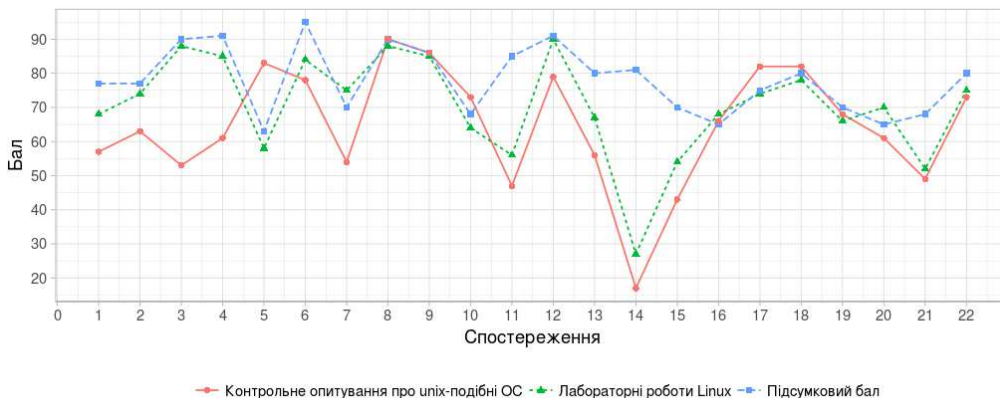


Рис. 2. Порівняння балів студентів з дисципліни «Операційні системи та системне програмування» (ЖДУ імені Івана Франка, 2013-14 н. р.)

Учасниками опитування викладачів вітчизняних ВНЗ були викладачі дисципліни «Операційні системи та системне програмування» і подібних дисциплін для майбутніх бакалаврів інформатики, а також для студентів інших напрямів підготовки (спеціальностей) (загалом 9 респондентів). Враховуючи невеликий обсяг вибірки, основною метою аналізу було не оцінювання відсоткового співвідношення проявів

досліджуваних ознак, а виявлення відмінностей. Серед таких відмінностей відзначено передусім такі:

- відмінність ОС, що вивчалися (Linux і Windows; Linux; Windows; FreeBSD);
- різноманітність використовуваних засобів віртуалізації і засобів, які планувалися для використання у майбутньому (гіпервізори різних типів, віртуальні контейнери, жодного);
- неоднаковість досвіду застосування викладачами засобів віртуалізації (від широкого кола засобів до жодного);
- відмінність технічних умов (доступність викладачам альтернативи засобам віртуалізації, наявність процесорів з підтримкою апаратної віртуалізації тощо);
- неоднаковість співвідношення застосування під час лабораторних робіт графічного інтерфейсу користувача та інтерфейсу командного рядка;
- відмінність оцінювання викладачами низки факторів добору засобів віртуалізації (результати оцінювання всіх запропонованих факторів із можливістю додавання власних подано на рис. 3).

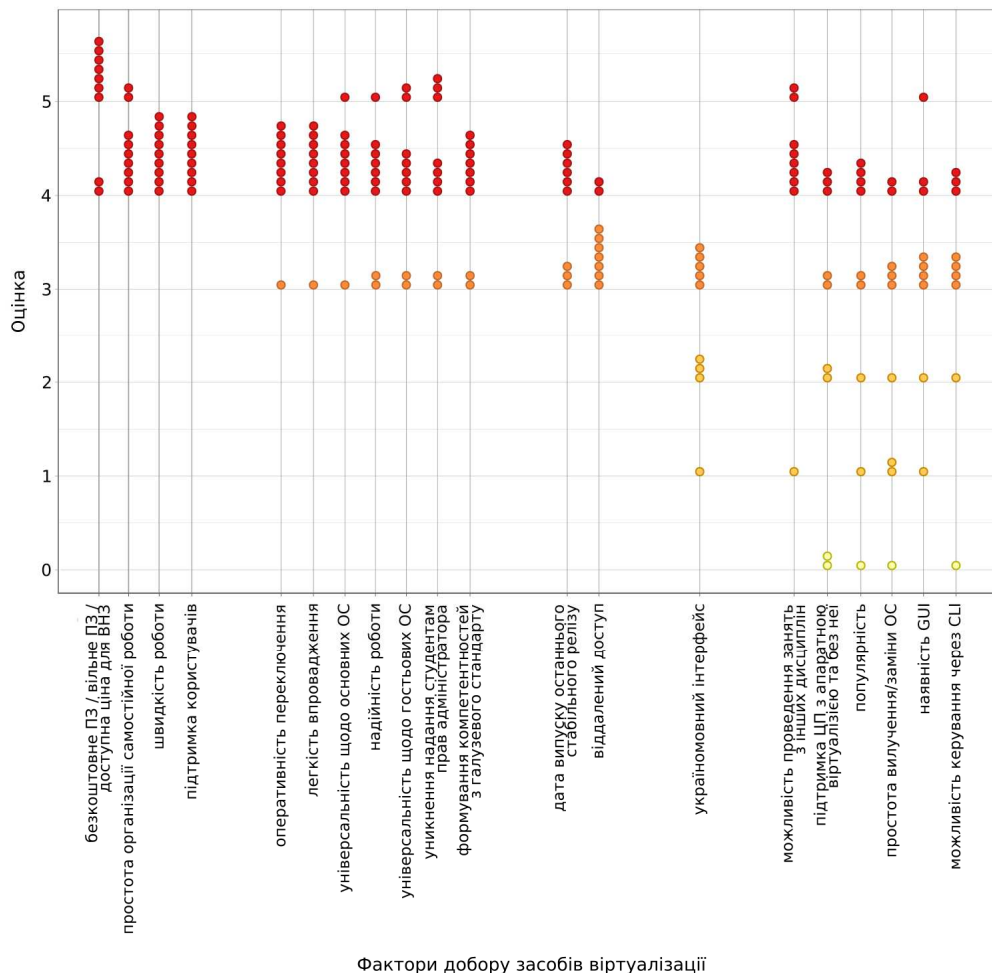


Рис. 3. Оцінювання респондентами важливості факторів добору засобів віртуалізації для навчання ОС

Результати анкетування викладачів разом із результатами порівняльного аналізу засобів віртуалізації, проведеного у [43], привели до висновку про необхідність індивідуального добору засобів віртуалізації для курсу з ОС. Водночас, відзначені на основі бесід з викладачами і студентами й власного досвіду викладання курсу з ОС

проблеми частих апаратних і програмних збоїв і неоднаковості умов, у яких здійснюється самостійна робота студентів, підштовхують до залучення альтернативних засобів віртуалізації поряд з основними, що знаходить підтвердження у зарубіжному досвіді викладання ОС [48].

3.5. Варіативний підхід до застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики

Варіативний підхід до застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики полягає у поєднанні кількох засобів віртуалізації та, можливо, варіантів навчання ОС без використання віртуалізації задля відповідності індивідуальним особливостям проведення курсу й індивідуальним потребам студентів і забезпечення стійкості у разі програмних й апаратних збоїв [49].

Підхід передбачає такі завдання: (1) ознайомити викладачів і студентів з різноманітністю засобів віртуалізації; (2) навести приклад поєднання кількох засобів віртуалізації у межах одного курсу з ОС; (3) здійснити адаптування навчально-методичних матеріалів до використання різних засобів віртуалізації.

Завдання 2 було реалізовано у вигляді комбінації засобів віртуалізації, про яку йтиметься далі. *Завдання 3* було втілено у вигляді методичного посібника «Операційні системи та системне програмування» [50]. Посібник побудований так, аби завдання були максимально незалежними від конкретного засобу віртуалізації, й містить адаптовані інструкції з використання різних засобів віртуалізації. Результатом реалізації *завдання 1* стали методичні рекомендації «Технології віртуалізації у навчанні операційних систем бакалаврів інформатики» [44]. Пропонується разом із засобом віртуалізації, які застосовуються у більшості випадків (*основним засобом віртуалізації*), передбачити використання одного чи більше *альтернативних засобів віртуалізації*, а також варіантів навчання ОС без віртуалізації (наприклад, мультизавантаження). У методичних рекомендаціях наведено приклад такого поєднання – згадана раніше комбінація засобів віртуалізації (рис. 4), у якій верхній засіб у кожному прямокутнику є основним, а решта – альтернативними і яку може бути трансформовано відповідно до потреб конкретного курсу з ОС.







	Linux	Windows
Адміністрування	<ul style="list-style-type: none">  VirtualBox  Amazon EC2 <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації 	<ul style="list-style-type: none">  Amazon EC2 <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації
Програмування	<ul style="list-style-type: none">  VirtualBox ± Code::Blocks  Amazon EC2 <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації + Code::Blocks  Amazon EC2 + Code::Blocks

Рис. 4. Приклад комбінації засобів віртуалізації для навчання ОС бакалаврів інформатики

Засоби віртуалізації, що пропонуються у методичних рекомендаціях [44], подано у табл. 4.

Засоби віртуалізації відповідно до варіативного підходу до застосування технологій віртуалізації unіх-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики

Варіанти з Windows	Варіанти з Linux
1) Умовно безкоштовна віртуальна машина з Windows	1) Гіпервізор II типу (локально) (Oracle VirtualBox, VMware Player, KVM та ін.)
2) Віртуальні машини з Windows у хмарі (Amazon EC2, Google Cloud Platform)	2) Готові віртуальні машини (віртуальні контейнери) у хмарі (Amazon EC2, Google Cloud Platform, Cloud9 та ін.)
3) Windows без віртуалізації	3) Віртуальні контейнери (локально) (OpenVZ, FreeBSD jail, Linux-Vserver, LXC, Canonical LXD та ін.)
	4) Сервер з віртуальними машинами/контейнерами (Proxmox VE; Oracle VM Server for x86, XenServer; Docker, OpenVZ, FreeBSD jail, Linux-Vserver, LXC, Canonical LXD; Apache CloudStack, Eucalyptus, OpenStack та ін.)

Методичні рекомендації також містять огляд деяких засобів віртуалізації, що можуть бути використані у курсі з ОС (Oracle VirtualBox, Proxmox VE, Canonical LXD, Amazon EC2, IDE Cloud9), із зазначенням основних переваг і недоліків та рекомендації щодо добору засобів віртуалізації для використання у курсі з ОС для бакалаврів інформатики.

Характерною особливістю пропонованого варіативного підходу є відкритість до змін. Оскільки підхід орієнтований на поєднання різних засобів віртуалізації, це дає змогу надалі додавати й інші засоби віртуалізації, у тому числі експериментально – завдяки наявності альтернативних засобів, пов'язані з цим ризики знижуються. Зокрема, у 2016-17 н. р. нами було випробуване відсутнє у попередньому варіанті комбінації засобів віртуалізації хмарне IDE Cloud9, а у 2017-18 н. р. його було введено до комбінації засобів віртуалізації (рис. 5).

	Linux	Windows
Адміністрування	<ul style="list-style-type: none"> VirtualBox Amazon EC2 Cloud9 <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації 	<ul style="list-style-type: none"> Amazon EC2 <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації
Програмування	<ul style="list-style-type: none"> Cloud9 VirtualBox ± Code::Blocks Amazon EC2 <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> без віртуалізації + Code::Blocks Amazon EC2 + Code::Blocks

Рис. 5. Комбінація засобів віртуалізації для навчання ОС бакалаврів інформатики з доданим хмарним IDE Cloud9

3.6. Формувальний етап експерименту

Формувальний етап педагогічного експерименту проводився у період з 2015 до 2016 року з майбутніми бакалаврами інформатики (на момент проведення експерименту – напрям підготовки 6.040302. *Інформатика*) на базі Житомирського

державного університету імені Івана Франка, Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка (табл. 5).

Таблиця 5

Учасники формувального етапу педагогічного експерименту

Експериментальна група	Контрольна група
Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2015-16 н. р., II курс, 24 чол., дисципліна «Операційні системи та системне програмування»	Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2014-15 н. р., II курс, 25 чол., дисципліна «Операційні системи та системне програмування»
Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 2015-16 н. р., III курс (18 чол.) і IV курс (8 чол.), дисципліна «Інформаційні технології»	Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка: 2014-15 н. р., III курс (9 чол.), а також 2015-16 н. р., III курс (10 чол.) і IV курс (9 чол.), дисципліна «Операційні системи та системне програмування»

Загалом обсяг контрольної групи становив 53 особи, експериментальної групи – 50 осіб. Разом у формувальному етапі експерименту взяло участь 103 студенти.

Навчання студентів експериментальної групи здійснювалося на основі запропонованої методики застосування технологій віртуалізації unіx-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики, тимчасом як для навчання студентів контрольної групи зазначена методика не використовувалася.

Було одержано і проаналізовано такі бали піддослідних студентів:

- підсумковий бал, одержаний за захист лабораторних робіт (сума балів за всі захищені роботи, поділена на загальну кількість передбачених курсом робіт);
- бали, отримані під час проходження двох контрольних тестових опитувань з теорії ОС;
- бал, набраний під час проходження тестового опитування «Unіx-подібні операційні системи».

Оцінювання відбувалося за 100-бальною шкалою (від 0 до 100 балів) з переведенням у бал за національною шкалою (від 2 до 5 балів) й відповідно до критеріїв, розглянутих у п. 3.3. Тестове опитування «Unіx-подібні операційні системи» містило питання теоретичного і практичного характеру, присвячені саме unіx-подібним ОС. Метою проведення такого опитування було виокремлення частини навчальних результатів, пов'язаних саме з unіx-подібними операційними системами, оскільки курс з ОС може передбачати навчання також і ОС Windows.

Наведемо результати статистичного аналізу балів за тестове опитування «Unіx-подібні операційні системи». У ході проведення експерименту студентами з контрольної й експериментальної груп було одержано бали, подані у табл. 6 і на рис. 6.

Таблиця 6

Розподіли за рівнями навчальних досягнень результатів тестового опитування «Unіx-подібні операційні системи»

Рівні навчальних досягнень	Контрольна група		Експериментальна група	
	Кількість, чол.	%	Кількість, чол.	%
Початковий рівень	10	18,87%	7	14,00%
Середній рівень	24	45,28%	11	22,00%
Достатній рівень	13	24,53%	23	46,00%
Високий рівень	6	11,32%	9	18,00%

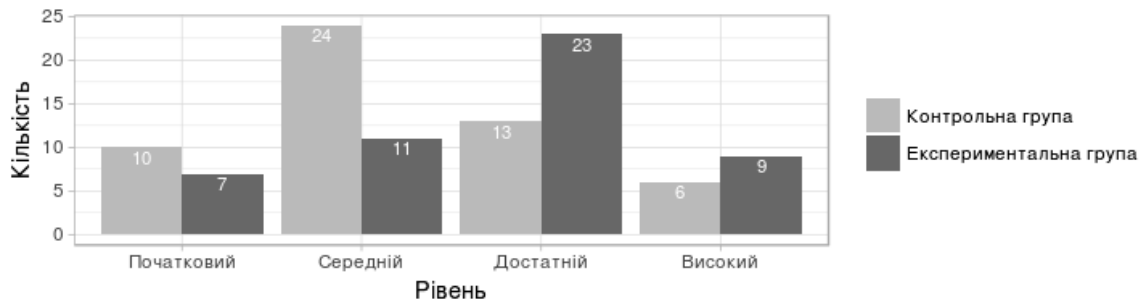


Рис. 6. Розподіли за рівнями навчальних досягнень результатів тестового опитування «Unix-подібні операційні системи»

У ході аналізу експериментальних даних за критерієм Колмогорова-Смирнова [51] одержано значення $\lambda \approx 1,43$, яке відповідає рівню статистичної значущості $\rho = 0,03348$, що менше за критичне значення $\lambda_{\text{крит}} = 0,05$. Робимо висновок про достовірність розбіжностей між розподілами для рівня значущості $\leq 0,05$.

Перевірку достовірності одержаного результату було здійснено за критерієм Фішера [51]. До підгрупи «є ефект» включено спостереження з достатнім і високим рівнем навчальних досягнень, а до підгрупи «немає ефекту» – спостереження з початковим і середнім рівнем. Для виявлення відмінностей між підгрупами побудовано чотириклітинну таблицю (табл. 7).

Таблиця 7

Чотириклітинна таблиця для розрахунку критерію Фішера за результатами тестового опитування «Unix-подібні операційні системи»

Група	"Є ефект"		"Немає ефекту"		Всього
	кількість	%	кількість	%	
Експериментальна	32	64,0%	18	36,0%	50
Контрольна	19	35,8%	34	64,2%	53

Перевірялися такі статистичні гіпотези: H_0 – розподіли за рівнями навчальних досягнень у контрольній та експериментальній групах однакові; H_1 – розподіли за рівнями навчальних досягнень у контрольній та експериментальній групах відрізняються.

Було одержано емпіричне значення критерію $\varphi_{\text{емп}}^* \approx 2,90$, що відповідає рівню значущості $\rho < 0,001$ (уточнене значення ρ , розраховане засобами мови R, становить 0,00577). Отримане значення $\varphi_{\text{емп}}^*$ більше за відповідне критичне: $2,90 > 2,31$ (рис. 7), яке, у свою чергу, відповідає рівню значущості 0,01. Отже, одержані результати достовірні для рівня значущості 0,01.



Рис. 7. Вісь значущості для аналізу результатів тестового опитування «Unix-подібні операційні системи» за критерієм Фішера

Маємо право відхилити гіпотезу H_0 і прийняти гіпотезу H_1 : розподіли за рівнями навчальних досягнень у контрольній та експериментальній групах відрізняються.

Подібні результати було одержано і під час опрацювання балів за два контрольні тестові опитування з теорії ОС та підсумкового балу за захист лабораторних робіт. Отже, для всіх чотирьох проаналізованих ознак відхиляємо гіпотезу H_0 (розподіли за рівнями навчальних досягнень у контрольній та експериментальній групах однакові) й приймаємо гіпотезу H_1 (розподіли за рівнями навчальних досягнень у контрольній та експериментальній групах відрізняються). Це дає підставу вважати запропоновану методику ефективною для організації навчання unіх-подібних ОС під час підготовки бакалаврів інформатики, а її впровадження у навчальний процес – доцільним.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У ході дослідження процесу навчання unіх-подібних ОС бакалаврів інформатики, зокрема застосування засобів віртуалізації, було виявлено відмінності особливостей проведення курсу з ОС для бакалаврів інформатики, у тому числі різноманітність використовуваних технологій віртуалізації, неоднаковість досвіду роботи викладачів з технологіями віртуалізації, оцінювання важливості факторів добору засобів віртуалізації. Відзначено відмінності щодо технічних умов, у яких здійснюється самостійна робота студентів, та потребу в залученні альтернативних засобів віртуалізації задля наявності додаткового засобу у разі технічного збою. Ідея поєднання кількох засобів віртуалізації в одному курсі з ОС знаходить підтвердження у зарубіжному досвіді й відповідає ідеям відкритої освіти, особистісно орієнтованого навчання і навчання впродовж життя. Розроблено методику застосування технологій віртуалізації unіх-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики на основі варіативного підходу до використання таких технологій, що передбачає поєднання кількох засобів віртуалізації задля відповідності індивідуальним особливостям проведення курсу й індивідуальним потребам студентів і для забезпечення стійкості у разі програмних і апаратних збоїв. Відповідно до запропонованого підходу, створено навчально-методичне забезпечення, зокрема комбінацію засобів віртуалізації, методичний посібник «Операційні системи та системне програмування» для майбутніх бакалаврів інформатики, методичні рекомендації «Технології віртуалізації у навчанні операційних систем бакалаврів інформатики» для викладачів курсу з ОС. Ефективність методики підтверджено експериментально.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на обґрунтування і розроблення методичної системи застосування технологій віртуалізації unіх-подібних ОС у підготовці бакалаврів інформатики у вищих навчальних закладах, науково-методичний пошук можливостей використання таких технологій в освіті дорослих.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] G. J. Popek, and R. P. Goldberg, "Formal Requirements for Virtualization Third Generation Architectures", *Communications of the ACM*, vol. 17, No. 7, pp. 412-421, 1974.
- [2] J. P. Buzen, and U. O. Gagliardi, "The evolution of virtual machine architecture", in *Proceedings of the AFIPS'73 National Computer Conference and Exposition*, New York, NY, USA, 1973, pp. 291-299.
- [3] M. Rosenblum, "The Reincarnation of Virtual Machines", *Queue*, vol. 2, No. 5, pp. 34-40, 2004.
- [4] A. Whitaker, R. Cox, M. Shaw, and S. Gribble, "Rethinking the design of virtual machine monitors", *Computer*, vol. 38, No. 5, pp. 57-62, 2005.
- [5] S. Nanda, and T. Chiueh, "A Survey on Virtualization Technologies", *Experimental Computer Systems Lab*, SUNY Stony Brook, SUNY RPE Report TR-179, 2005.

- [6] Y. Li, W. Li, and C. Jiang, "A Survey of Virtual Machine System: Current Technology and Future Trends", in *Proceedings of the Third International Symposium on Electronic Commerce and Security*, 2010.
- [7] J. E. Smith, and R. Nair, "The Architecture of Virtual Machines", *Computer*, vol. 38, No. 5, pp. 32-38, 2005.
- [8] M. Pearce, S. Zeadally, and R. Hunt, "Virtualization: Issues, security threats, and solutions", *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 45, No. 2, Article 17, 2013.
- [9] R. Uhlig et al., "Intel Virtualization Technology", *Computer*, vol. 38, No. 5, pp. 48-56, 2005.
- [10] K. Adams, and O. Agesen, "A Comparison of Software and Hardware Techniques for x86 Virtualization", in *Proceedings of the ASPLOS'06*, San Jose, California, USA, October 21-25, 2006.
- [11] J. Sugeran, G. Venkitachalam, and B. Lim, "Virtualizing I/O Devices on VMware Workstation's Hosted Virtual Machine Monitor", in *Proceedings of the 2001 USENIX Annual Technical Conference*, Boston, Massachusetts, USA, June 25-30, 2001.
- [12] H. Oh, B. Kim, H. Choi, S. Moon, "Evaluation of Android Dalvik virtual machine", in *Proceedings of the 10th International Workshop on Java Technologies for Real-time and Embedded Systems (JTRES '12)*, Copenhagen, Denmark, October 24-26, 2012, pp. 115-124.
- [13] N. Penneman et al., "Formal virtualization requirements for the ARM architecture", *Journal of Systems Architecture*, vol. 59, No. 3, pp. 144-154, 2013.
- [14] M. Beham, M. Vlad, and H. P. Reiser, "Intrusion detection and honeypots in nested virtualization environments", in *Proceedings of the 43rd Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN)*, 24-27 June, 2013.
- [15] M. Ben-Yehuda et al., "The Turtles Project: Design and Implementation of Nested Virtualization", in *Proceedings of 9th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 2010)*, Vancouver, BC, Canada, October 4-6, 2010, pp. 423-436.
- [16] Т. А. Вакалюк, "Структурно-функціональна модель хмарно орієнтованого навчального середовища для підготовки бакалаврів інформатики", *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 59, №3, с. 51-61, 2017.
- [17] Т. Я. Вдовичин, "Навчання бакалаврів інформатики з використанням мережних технологій відкритих систем у педагогічному університеті", *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 58, №2, с. 169-181, 2017.
- [18] А. П. Кузьменко, Н. Б. Єпик, та В. М. Кузьменко, "Математичні компетенції у підготовці бакалавра з інформатики", *Психолого-педагогічні основи гуманізації навчально-виховного процесу в школі та ВНЗ*, №1, с. 47-53, 2013.
- [19] У. П. Когут, "Класифікація та критерії вибору програмних засобів для фундаменталізації підготовки бакалаврів інформатики з інформатичних дисциплін", *Інформаційні технології в освіті*, №11, с. 88-97, 2012.
- [20] А. М. Гуржій, Р. С. Гуревич, Л. Л. Коношевський, та О. Л. Коношевський, *Мультимедійні технології та засоби навчання: навчальний посібник*. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2017.
- [21] М. І. Жалдак, "Проблеми фундаменталізації змісту навчання інформатичних дисциплін в педагогічних університетах", *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, №17(24), с. 3-15, 2015.
- [22] N. Morze, O. Barna, O. Kuzminska, and V. Vember, "In what way should modern computer science teachers improve their teaching skills to develop students' key and IC competence?", *Open Educational E-Environment of Modern University: Collected Scientific Works*, №1, pp. 189-200, 2016.
- [23] Ю. С. Рамський, та М. В. Рафальська, "Формування компетентностей майбутніх вчителів інформатики та математики у галузі моделювання", *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, №12, с. 117-126, 2012.
- [24] В. Ю. Биков, "Технології хмарних обчислень, ІКТ-аутсорсінг та нові функції ІКТ-підрозділів навчальних закладів і наукових установ", *Інформаційні технології в освіті: Зб. наук. праць*, №10, с. 8-23, 2011.
- [25] С. Г. Литвинова, "Теоретико-методичні основи проектування хмаро орієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу", дис. доктора пед. наук, Інститут ІТЗН, К., 2016.
- [26] О. В. Мерзликін, "Хмарні технології як засіб формування дослідницьких компетентностей старшокласників у процесі профільного навчання фізики", дис. канд. пед. наук, Інститут ІТЗН, К., 2016.
- [27] М. В. Попель, "Хмарний сервіс SageMathCloud як засіб формування професійних компетентностей вчителя математики", дис. канд. пед. наук, Інститут ІТЗН, К., 2017.
- [28] З. С. Сейдаметова, и С. Н. Сейтвелиева, "Облачные сервисы в образовании", *Інформаційні технології в освіті*, №9, с. 105-111, 2011.

- [29] М. П. Шишкіна, "Теоретико-методичні засади формування і розвитку хмарно орієнтованого освітньо-наукового середовища вищого навчального закладу", дис. доктора пед. наук, Інститут ІТЗН, К., 2016.
- [30] А. С. Батюк, Д. Є. Ванькевич, та Г. Г. Злобін, "Використання технологій віртуалізації в спецкурсі "Системне адміністрування ОС Linux"", *Електроніка та інформаційні технології*, № 3, с. 220-225, 2013.
- [31] М. П. Павленко, та Л. В. Павленко, "Використання технологій віртуалізації для навчання інженерів-педагогів IP-телефонії в комп'ютерних мережах", *Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету*, № 1(14), с. 269-274, 2015.
- [32] О. Г. Глазунова, та О. В. Якобчук, "Проектування архітектури хмарно-орієнтованого інформаційно-освітнього середовища для підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій", *Інформаційні технології та засоби навчання*, т. 44, № 6, с. 141-156, 2014.
- [33] В. П. Олексюк, "Застосування віртуальних хмарних лабораторій у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики", *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, № 15, с. 76-81, 2015.
- [34] О. П. Горбачевська, Г. С. Драган, С. В. Єгоров, В. В. Лапінський, та Д. В. Сподарець, "Хмарні та ґрид-технології у навчальному процесі університетів", *Вища освіта України*, т. III, с. 143-153, 2014.
- [35] J. Nieh, and C. Vail, "Experiences Teaching Operating Systems Using Virtual Platforms and Linux", in *the 36th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE 2005)*, 2005, pp. 520-524.
- [36] O. Laadan, J. Nieh, and N. Viennot, "Teaching operating systems using virtual appliances and distributed version control", in *the 41st ACM technical symposium on Computer science education (SIGCSE '10)*, 2010, pp. 480-484.
- [37] F. Giraldeau, M. R. Dagenais, and H. Boucheneb, "Teaching operating systems concepts with execution visualization", in *121st ASEE Annual Conference and Exposition*, Indianapolis, IN, USA, 2014.
- [38] S. Duignan, and T. Hall, "Using Platform Virtualisation to Teach System Architectures in Undergraduate Computer Science – An Evaluation of Student Learning Experiences", in *Innovative Techniques in Instruction Technology, E-learning, E-assessment, and Education*, M. Iskander, Ed. Dordrecht: Springer, 2008, pp. 479-484.
- [39] A. Garmpis, and N. Gouvatsos, "Innovative teaching methods in Operating Systems: The Linux case", in *Innovative approaches in Education: Design and Networking*, 2012.
- [40] В. Брязкун, "До уточнення поняття "віртуалізація" як філософської категорії", *Наукові записки Національного університету "Острозька академія" (Серія: "Філософія")*, № 8, с. 93-103, 2011.
- [41] М. В. Шугуров, "Виртуальная герменевтика", *Труды лаборатории виртуалистики*, № 13, 2011.
- [42] О. С. Головня, "Систематизація технологій віртуалізації", *Інформаційні технології в освіті*, № 12, с. 127-133, 2012.
- [43] О. С. Головня, "Критерії добору програмних засобів віртуалізації у навчанні unix-подібних операційних систем", *Інформаційні технології в освіті*, № 24, с. 119-133, 2015.
- [44] О. С. Головня, *Технології віртуалізації у навчанні операційних систем бакалаврів інформатики: Методичні рекомендації для викладачів вищ. навч. закл.* Житомир: Рута, 2017, с. 15-20.
- [45] Міністерство освіти і науки України (2010). Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавр. Галузь знань 0403 Системні науки та кібернетика. Напрямок підготовки 040302 Інформатика. Київ.
- [46] Computer Science Curricula 2013. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science. The Joint Task Force on Computing Curricula Association for Computing Machinery IEEE-Computer Society. (2017). [online] Available at: https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/cs2013_web_final.pdf. Accessed on 25 Dec. 2017.
- [47] О. М. Спірін, *Теоретичні та методичні засади професійної підготовки майбутніх учителів інформатики за кредитно-модульною системою: Монографія*. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2007, с. 212.
- [48] О. С. Головня, "Аналіз зарубіжного досвіду навчання операційних систем у вищій школі", *Комп'ютер у школі та сім'ї*, № 1, с. 19-23, 2017.
- [49] О. С. Головня, "Варіативний підхід до застосування засобів віртуалізації unix-подібних операційних систем у підготовці бакалаврів інформатики", *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, №19(16), с. 228-233, 2017.
- [50] О. С. Головня, *Операційні системи та системне програмування: Методичний посібник для студ. вищ. навч. закл., 2-ге вид.* Житомир: Рута, 2016.
- [51] Е. В. Сидоренко, *Методы математической обработки в психологии*. СПб.: ООО "Речь", 2000.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ UNIX-ПОДОБНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ ИНФОРМАТИКИ

Спирин Олег Михайлович

доктор педагогических наук, профессор

Государственное научное учреждение «Институт модернизации содержания образования»,

г. Киев, Украина

ORCID ID 0000-0002-9594-6602

oleg.spirin@gmail.com

Головня Елена Сергеевна

ассистент

Житомирский государственный университет имени Ивана Франко, г. Житомир, Украина

ORCID ID 0000-0003-0095-7585

olenagolovnya@gmail.com

Аннотация. Несмотря на широкое использование технологий виртуализации в сфере образования, остается не исследованной проблема индивидуального подбора средств виртуализации для обучения отдельным дисциплинам, включая обучение операционным системам бакалавров информатики. В ходе исследования процесса обучения операционным системам будущих бакалавров информатики обнаружены такие проблемы, связанные с применением технологий виртуализации, как аппаратные и программные сбои; низкая скорость работы виртуализированной операционной системы; отсутствие адаптированных инструкций; привязанность лабораторных занятий к определенным аудиториям; неодинаковость условий, в которых осуществляется самостоятельная работа студентов с виртуализированной операционной системой. Сравнение баллов будущих бакалавров информатики, полученных во время прохождения курса по операционным системам, предполагавшим изучение операционных систем Linux и Windows, а также основ теории операционных систем, показало, что уровень учебных достижений, связанных с Linux, был в целом ниже уровня учебных достижений по дисциплине. Опрос отечественных преподавателей курса по операционным системам продемонстрировал наличие ряда отличий в особенностях проведения курса, в том числе неодинаковость опыта работы преподавателей с технологиями виртуализации, разнообразие технологий виртуализации, применяемых для обучения студентов, оценивания важности факторов подбора средств виртуализации. В статье предложена методика применения технологий виртуализации unix-подобных операционных систем при подготовке бакалавров информатики, основывающаяся на вариативном подходе к использованию таких технологий. Подход предполагает сочетание нескольких средств виртуализации в одном курсе по операционным системам для обеспечения соответствия индивидуальным особенностям проведения курса, индивидуальным потребностям студентов и достижения стойкости в случае программных и аппаратных сбоев. Описана соответствующая дидактическая модель, приведены результаты экспериментальной проверки эффективности методики.

Ключевые слова: виртуализация; операционные системы; бакалавры информатики.

USING UNIX-LIKE OPERATING SYSTEMS VIRTUALIZATION TECHNOLOGIES IN TRAINING THE BACHELORS OF COMPUTER SCIENCE

Oleh M. Spirin

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

State Scientific Institution «Institute of Education Content Modernization», Kyiv, Ukraine

ORCID ID0000-0002-9594-6602

oleg.spirin@gmail.com

Olena S. Holovnia

assistance lecturer

Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine

ORCID ID 0000-0003-0095-7585
olenagolovnya@gmail.com

Abstract. Despite the widespread use of virtualization technologies in education the problem of individual selection of virtualization tools for teaching certain courses, including teaching operating systems to Bachelors of Computer Science, remains scarcely studied. Research of operating systems teaching process to Bachelors of Computer Science found a range of issues in using virtualization technologies. These are as listed: hardware and software failures; low performance of virtualized operating systems; lack of adapted instructions; dependence on specific computer laboratories; unequal conditions of independent work with virtualized operating systems. Comparison of Bachelors of Computer Science scores in Operating Systems course which included studying Linux and Windows operating systems and also Fundamentals of Operating Systems Theory, resulted in general lower level of learning outcomes in Linux compared to the ones of the entire academic subject. A survey of Ukrainian teachers of Operating Systems course shows a number of differences in teaching process. It includes differences in teachers' experience of using virtualization technologies, variety of virtualization technologies applied during the course, factors estimation for selecting virtualization tools. The article proposes the methodology of using unix-like operating systems virtualization technologies in professional training of Bachelors of Computer Science based on the variable approach to using mentioned technologies. The approach involves combining several virtualization tools in the frames of one course of Operating Systems to meet specific features of teaching the course as well as individual students' needs and ensures hardware and software fault tolerance. Didactic model underlying the proposed methodology is described in the article. Experimental results on methodology effectiveness are provided.

Keywords: virtualization; operating systems; Bachelors of Computer Science.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] G. J. Popek, and R. P. Goldberg, "Formal Requirements for Virtualization Third Generation Architectures", *Communications of the ACM*, vol. 17, No. 7, pp. 412-421, 1974 (in English).
- [2] J. P. Buzen, and U. O. Gagliardi, "The evolution of virtual machine architecture", in *Proceedings of the AFIPS'73 National Computer Conference and Exposition*, New York, NY, USA, 1973, pp. 291-299 (in English).
- [3] M. Rosenblum, "The Reincarnation of Virtual Machines", *Queue*, vol. 2, No. 5, pp. 34-40, 2004 (in English).
- [4] A. Whitaker, R. Cox, M. Shaw, and S. Gribble, "Rethinking the design of virtual machine monitors", *Computer*, vol. 38, No. 5, pp. 57-62, 2005 (in English).
- [5] S. Nanda, and T. Chiueh, "A Survey on Virtualization Technologies", *Experimental Computer Systems Lab*, SUNY Stony Brook, SUNY RPE Report TR-179, 2005 (in English).
- [6] Y. Li, W. Li, and C. Jiang, "A Survey of Virtual Machine System: Current Technology and Future Trends", in *Proceedings of the Third International Symposium on Electronic Commerce and Security*, 2010 (in English).
- [7] J. E. Smith, and R. Nair, "The Architecture of Virtual Machines", *Computer*, vol. 38, No. 5, pp. 32-38, 2005 (in English).
- [8] M. Pearce, S. Zeadally, and R. Hunt, "Virtualization: Issues, security threats, and solutions", *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 45, No. 2, Article 17, 2013 (in English).
- [9] R. Uhlig et al., "Intel Virtualization Technology", *Computer*, vol. 38, No. 5, pp. 48-56, 2005 (in English).
- [10] K. Adams, and O. Agesen, "A Comparison of Software and Hardware Techniques for x86 Virtualization", in *Proceedings of the ASPLOS'06*, San Jose, California, USA, October 21-25, 2006 (in English).
- [11] J. Sugerma, G. Venkitachalam, and B. Lim, "Virtualizing I/O Devices on VMware Workstation's Hosted Virtual Machine Monitor", in *Proceedings of the 2001 USENIX Annual Technical Conference*, Boston, Massachusetts, USA, June 25-30, 2001 (in English).
- [12] H. Oh, B. Kim, H. Choi, S. Moon, "Evaluation of Android Dalvik virtual machine", in *Proceedings of the 10th International Workshop on Java Technologies for Real-time and Embedded Systems (JTRES '12)*, Copenhagen, Denmark, October 24-26, 2012, pp. 115-124 (in English).
- [13] N. Penneman et al., "Formal virtualization requirements for the ARM architecture", *Journal of Systems Architecture*, vol. 59, No. 3, pp. 144-154, 2013 (in English).

- [14] M. Beham, M. Vlad, and H. P. Reiser, "Intrusion detection and honeypots in nested virtualization environments", in *Proceedings of the 43rd Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN)*, 24-27 June, 2013 (in English).
- [15] M. Ben-Yehuda et al., "The Turtles Project: Design and Implementation of Nested Virtualization", in *Proceedings of 9th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 2010)*, Vancouver, BC, Canada, October 4-6, 2010, pp. 423-436 (in English).
- [16] T. A. Vakaliuk, "Structural and functional model of cloud oriented learning environment for bachelors of informatics training", *Information technologies and learning tools*, vol. 59, no. 3, pp. 51-61, 2017 (in Ukrainian).
- [17] T. Ya. Vdovychyn, "Training of bachelors of computer science using open systems network technologies at pedagogical universities", *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 58, no. 2, pp. 169-181, 2017 (in Ukrainian).
- [18] A. P. Kuzmenko, N. B. Yepik, and V. M. Kuzmenko, "Mathematical competencies in training of bachelors of informatics", *Psychological and pedagogical foundations of humanization training and educational process in school and university*, No. 1, pp. 47-53, 2013 (in Ukrainian).
- [19] U. P. Kohut, "Classification and selection criteria of software for fundamentalization of teaching computer disciplines to bachelors of computer science", *Information technologies in education*, No. 11, pp. 88-97, 2012 (in Ukrainian).
- [20] A. M. Hurzhii, R. S. Hurevych, L. L. Konoshevskiy, and O. L. Konoshevskiy, *Multimedia technologies and learning tools: Training manual*. Vinnytsia: Nilan-LTD, 2017 (in Ukrainian).
- [21] M. I. Zhaldak, "Problems of fundamentalization of learning content in computer courses at pedagogical universities", *Scientific journal of National Drahomanov Pedagogical University. Series 2: Computer-oriented learning systems*, No. 17(24), pp. 3-15, 2015 (in Ukrainian).
- [22] N. Morze, O. Barna, O. Kuzminska, and V. Vember, "In what way should modern computer science teachers improve their teaching skills to develop students' key and IC competence?", *Open Educational E-Environment of Modern University: Collected Scientific Works*, №1, pp. 189-200, 2016 (in English).
- [23] Iu. S. Ramskyi, and M. V. Rafalska, "Formation of future computer science and mathematics teachers' competences in modelling", *Scientific journal of National Drahomanov Pedagogical University. Series 2: Computer-oriented learning systems*, No. 12, pp. 117-126, 2012 (in Ukrainian).
- [24] V. Yu. Bykov, "Technologies of cloud computing, ICT outsourcing, and new functions of educational and scientific institutions ICT departments", *Information technologies in education*, No. 10, pp. 8-23, 2011 (in Ukrainian).
- [25] S. H. Lytvynova, "Theoretical and methodological bases of designing cloud-oriented learning environment of educational institution", thesis, IITLT, Kyiv, 2016 (in Ukrainian).
- [26] O. V. Merzlykin, "Cloud technologies as tools of high school students' research competences forming in profile physics learning", thesis, IITLT, Kyiv, 2016 (in Ukrainian).
- [27] M. V. Popel, "The cloud service SageMathCloud as a tool of mathematics teacher professional competencies formation", thesis, IITLT, Kyiv, 2017 (in Ukrainian).
- [28] Z. S. Sejdametova, and S. N. Sejtvelieva, "Cloud services in education", *Information technologies in education*, No. 9, pp. 105-111, 2011 (in Russian).
- [29] M. P. Shyshkina, "Theoretical and methodological principles of formation and development of the cloud-based educational and research environment of higher educational institution", thesis, IITLT, Kyiv, 2016 (in Ukrainian).
- [30] A. Batiuk, D. Vankevych, and H. Zlobin, "Using virtualization technologies in 'Adminstrating Linux OS' course", *Electronics and information technologies*, No. 3, pp. 220-225, 2013 (in Ukrainian).
- [31] M. Pavlenko, and L. Pavlenko, "Using virtualization technologies to teach IP-telephony to students of 'Professional education. Computing' specialization via computer networks", *Scientific journal of Melitopol state pedagogical university*, No. 1(14), pp. 269-274, 2015 (in Ukrainian).
- [32] O. H. Hlazunova, and O. V. Yakobchuk, "Designing the architecture of cloud-oriented informational and educational environment for future IT-professionals training", *Information technologies and learning tools*, vol. 44, No. 6, pp. 141-156, 2014 (in Ukrainian).
- [33] V. P. Oleksiuk, "Using virtual cloud laboratories in training of future computer science teachers", *Scientific journal of National Drahomanov Pedagogical University. Series 2: Computer-oriented learning systems*, No. 15, pp. 76-81, 2015 (in Ukrainian).
- [34] O. P. Horbachevska, H. S. Drahan, S. V. Yehorov, V. V. Lapinskyi, and D. V. Spodarets, "Cloud and grid technologies in learning process of universities", *Higher education in Ukraine*, vol. III, pp. 143-153, 2014 (in Ukrainian).
- [35] J. Nieh, and C. Vail, "Experiences Teaching Operating Systems Using Virtual Platforms and Linux", in *the 36th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE 2005)*, 2005, pp. 520-524 (in English).

- [36] O. Laadan, J. Nieh, and N. Viennot, "Teaching operating systems using virtual appliances and distributed version control", in *the 41st ACM technical symposium on Computer science education (SIGCSE '10)*, 2010, pp. 480-484 (in English).
- [37] F. Giraldeau, M. R. Dagenais, and H. Boucheneb, "Teaching operating systems concepts with execution visualization", in *121st ASEE Annual Conference and Exposition, Indianapolis, IN, USA, 2014* (in English).
- [38] S. Duignan, and T. Hall, "Using Platform Virtualisation to Teach System Architectures in Undergraduate Computer Science – An Evaluation of Student Learning Experiences", in *Innovative Techniques in Instruction Technology, E-learning, E-assessment, and Education*, M. Iskander, Ed. Dordrecht: Springer, 2008, pp. 479-484 (in English).
- [39] A. Garmpis, and N. Gouvatsos, "Innovative teaching methods in Operating Systems: The Linux case", in *Innovative approaches in Education: Design and Networking*, 2012 (in English).
- [40] V. Briazkun, "The definition of 'virtualization' as a philosophical category", *The Proceedings of the National University of Ostroh Academy: Philosophy*, No. 8, pp. 93-103, 2011 (in Ukrainian).
- [41] M. V. Shugurov, "Virtual hermeneutics", *Works of the Laboratory of Virtualistics*, No. 13, 2011.
- [42] O. S. Holovnia, "Virtualization technologies systematization", *Information technologies in education*, No. 12, p. 127-133, 2012 (in Ukrainian).
- [43] O. S. Holovnia, "Criteria for selecting virtualization software in teaching unix-like operating systems", *Information technologies in education*, No. 24, p. 119-133, 2015 (in Ukrainian).
- [44] O. S. Holovnia, *Virtualization technologies in teaching operating systems to bachelors of Informatics: Methodological guidelines for universities teaching staff*. Zhytomyr: Ruta, 2017, p. 15-20.
- [45] Ministry of Education and Science of Ukraine (2010). Higher education industrial standard of Ukraine. Educational and professional training program for bachelors. Knowledge area 0403 Computer and system sciences. Training direction 040302 Informatics. Kyiv (in Ukrainian).
- [46] Computer Science Curricula 2013. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science. The Joint Task Force on Computing Curricula Association for Computing Machinery IEEE-Computer Society. (2017). [online] Available at: https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/cs2013_web_final.pdf. Accessed on 25 Dec. 2017 (in English).
- [47] O. M. Spirin, *Theoretical and methodological basis of credit-modular system of future teachers of Informatics training: Monograph*. Zhytomyr: Zhytomyr Ivan Franko State University publishing, 2007, p. 212 (in Ukrainian).
- [48] O. S. Holovnia, "A varied approach to using of unix-like operating systems virtualization technologies in training of bachelors of Informatics", *Scientific journal of National Drahomanov Pedagogical University. Series 2: Computer-oriented learning systems*, No. 19(16), pp. 228-233, 2017 (in Ukrainian).
- [49] O. S. Holovnia, "Analysis of the experience of teaching operating systems in foreign higher education institutions", *Computer at school and in family*, No. 1, p. 19-23, 2017 (in Ukrainian).
- [50] O. S. Holovnia, *Operation systems and system programming: Handbook for university students*, 2nd ed..Zhytomyr: Ruta, 2016 (in Ukrainian).
- [51] E. V. Sidorenko, *Mathematical processing methods in psychology*. St. Petersburg: Rech', 2000 (in Russian).

