



Національний лісотехнічний
університет України

НАУКОВИЙ ВІСНИК НЛТУ УКРАЇНИ

Засновано в 1994 р.

Випуск 27(9)

Львів – 2017

Збірник публікує науково-технічні праці співробітників вищих навчальних закладів України, науковців з-за кордону, присвячених різним аспектам наукових досліджень, освітянських проблем, передового досвіду і впровадження у виробництво здобутих результатів.

Призначений для наукових працівників, аспірантів, фахівців галузі, викладачів вищих навчальних закладів освіти, коледжів і технікумів, студентів старших курсів.

Рекомендовано до друку вченою радою НЛТУ України (протокол № 10 від 28.12.2017 р.). У збірнику розглядаються проблеми лісового та садово-паркового господарства, екології та довкілля, технології та устаткування, економіки, планування та управління, інформаційних технологій, а також освітянські проблеми вищої школи.

Редакційна колегія

Головний редактор: Ю. Ю. Туниця, *д.е.н., професор, академік НАН України*
Заступник головного редактора: Ю. І. Грицюк, *д.т.н., професор*
Відповідальний секретар: Г. Г. Гриник, *д.с.-г.н., доцент*

Р. Т. Гут, <i>д.б.н., проф.</i> ;	І. П. Соловій, <i>д.е.н., проф.</i> ;
В. К. Заїка, <i>д.б.н., проф.</i> ;	Ю. І. Стадницький, <i>д.е.н., проф.</i> ;
Г. Т. Криницький, <i>д.б.н., проф.</i> ;	Т. Ю. Туниця, <i>д.е.н., проф.</i> ;
В. І. Парпан, <i>д.б.н., проф.</i> ;	Г. С. Шевченко, <i>д.е.н., проф.</i> ;
С. М. Стойко, <i>д.б.н., проф.</i> ;	М. Г. Адамовський, <i>к.т.н., проф.</i> ;
П. Р. Третяк, <i>д.б.н., проф.</i> ;	В. М. Голубець, <i>д.т.н., проф.</i> ;
М. І. Сорока, <i>д.б.н., проф.</i>	Н. І. Библюк, <i>д.т.н., проф.</i> ;
М. М. Гузь, <i>д.с.-г.н., проф.</i> ;	П. В. Білей, <i>д.т.н., проф.</i> ;
Ю. М. Дебринюк, <i>д.с.-г.н., проф.</i> ;	О. А. Кійко, <i>д.т.н., проф.</i> ;
І. Ф. Калущий, <i>д.с.-г.н., проф.</i> ;	В. М. Максимів, <i>д.т.н., проф.</i> ;
Л. І. Копій, <i>д.с.-г.н., проф.</i> ;	Я. І. Соколовський, <i>д.т.н., проф.</i> ;
В. П. Кучерявий, <i>д.с.-г.н., проф.</i> ;	Станіслав Баран, <i>д.габ., проф.</i> (Польща);
С. І. Миклуш, <i>д.с.-г.н., проф.</i> ;	Анджей Возняк, <i>д.габ., проф.</i> (Польща);
В. В. Лавний, <i>д.с.-г.н., проф.</i> ;	Лідія Суковата, <i>д.габ., проф.</i> (Польща);
А. М. Дейнека, <i>д.е.н., проф.</i> ;	Альфред Тайшінгер, <i>д.габ., проф.</i> (Австрія).
Б. В. Кульчицький, <i>д.е.н., проф.</i> ;	Іон-Васіле Абрудан, <i>д.габ., проф.</i> (Румунія)

Відповідальний за випуск : В.С. Гураков
Літературний редактор : А. Ф. Павлишин
Англомовний редактор : Т. П. Дяк
Технічний редактор : А. Т. Калинюк
Коректори : О. П. Лаврова, Ю. З. Некига

Адреса редакції

79057, м. Львів-57, вул. Ген. Чупринки, 103, НЛТУ України
Тел.: (032) 240-23-50; Email: nv@nltu.edu.ua; www: http://nv.nltu.edu.ua/



Ukrainian National Forestry University

The Scientific Bulletin of UNFU

Year of foundation – 1994

Volume Issue 27(9)

Lviv – 2017

Scientific Bulletin of UNFU, 2017, vol. 27, no 9, 144 p.

The bulletin publishes original scientific articles submitted by academic staff of higher education institutions in Ukraine, scientists from abroad, and also experts in forestry and woodworking industry, that are focused on various aspects of research and education, the best practices and their implementation.

The Bulletin is recommended for publication by the Academic Council of the Ukrainian National Forestry University (*meeting minutes from September 28, 2017, No 10*).

Journal presents current problems in the field of forestry and horticulture, ecology and environment protection, technology and equipment, economics, planning and management, information technologies, and also educational issues of higher school.

Scientific Editorial Board

Head of the Board: **Yuriy Tunytsya**, Doctor of Economic Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine

Deputy Head of the Board: **Yuriy Grytsiuk**, Doctor of Engineering Sciences, Prof.

Executive Secretary: **Heorhiy Hrynyk**, Doctor of Agricultural Sciences, Prof.

Roman Gout, Dr of Biology, Prof.

Volodymyr Zaika, Dr of Biology, Prof.

Hryhoriy Krynytskyy, Dr of Biology, Prof.

Vasyl Parpan, Dr of Biology, Prof.

Stepan Stojko, Dr of Biology, Prof.

Platon Tretiak, Dr of Biology, Prof.

Myroslava Soroka, Dr of Biology, Prof.

Mykola Guz, Dr of Agricultural Sciences, Prof.

Yuriy Debryniuk, Dr of Agricultural Sciences, Prof.

Ivan Kaluckyy, Dr of Agricultural Sciences, Prof.

Leonid Kopij, Dr of Agricultural Sciences, Prof.

Volodymyr Kucheriavyy, Dr of Agricultural Sciences, Prof.

Stepan Myklush, Dr of Agricultural Sciences, Prof.

Vasyl Lavnyy, Dr of Agricultural Sciences, Prof.

Anatoly Deyneka, Dr of Economic Sciences, Prof.

Bogdan Kultchykyy, Dr of Economic Sciences, Prof.

Ihor Soloviy, Dr of Economic Sciences, Prof.

Yuriy Stadnyckyy, Dr of Economic Sciences, Prof.

Taras Tunytsya, Dr of Economic Sciences, Prof.

Grygoryy Szevchenko, Dr of Economic Sciences, Prof.

Mykola Adamovskyy, PhD in Engineering Sciences, Prof.

Volodymyr Golubets, Dr of Engineering, Prof.

Nestor Bybliuk, Dr of Engineering, Prof.

Petro Bilej, Dr of Engineering, Prof.

Orest Kijko, Dr of Engineering, Prof.

Volodymyr Maksymiv, Dr of Engineering, Prof.

Yaroslav Sokolovskyy, Dr of Engineering, Prof.

Stanislaw Baran, Dr Hab., Prof. (Poland)

Andrzej Wozniak, Dr Hab., Prof. (Poland)

Lidia Sukovata, Dr Hab., Prof. (Poland)

Alfred Teischinger, Dr Hab., Prof. (Austria)

Ioan Vasile Abrudan, Dr Hab., Prof (Romania)

Managing Editor : **Vitaliy Gurakov**

Literary editor : **Anna Pavlyshyn**

English-language editor : **Tetyana Dyak**

Technical editor : **Andriy Kalynyuk**

Correctors : **Oxana Lavrova, Yuliia Nemyha**

Editorial address

79057, Ukrainian National Forestry University, Generala Chuprynky Str. 103, Lviv, Ukraine

Phone: (032) 240-23-50; **Email:** nv@nltu.edu.ua; **Web:** <http://nv.nltu.edu.ua/>

ЗМІСТ

1. ЛІСОВЕ ТА САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

- Л. І. Копій, І. В. Фізик, С. Баран, В. В. Лавний, С. Л. Копій, Р. Б. Преснер, В. О. Азій**
ПРИРОДНЕ НАСІННЕ ВІДТВОРЕННЯ ДУБОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЯК ЕЛЕМЕНТ
НАБЛИЖЕНОГО ДО ПРИРОДИ ЛІСІВНИЦТВА 9
- А. М. Білоус, У. М. Котляревська**
СТРУКТУРА БІОМАСИ ВІЛЬХОВИХ НАСАДЖЕНЬ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ.....14
- У. О. Бачинська**
ЛІСОПАТОЛОГІЧНИЙ СТАН ЯСЕНЕВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ У ПРИРОДНОМУ
ЗАПОВІДНИКУ "МЕДОБОРИ"19
- В. С. Кучерявий**
ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГІЇ РОСТУ КУЛЬТИВАРІВ ТУЇ ЗАХІДНОЇ (*THUJA*
OCCIDENTALIS L.).....24
- М. М. Лісовий**
ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ АСЕПТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ *THUJA OCCIDENTALIS* L.
В УМОВАХ *IN VITRO*27
- Р. Т. Максимчук, І. М. Сопушинський, І. Я. Тимочко**
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ РІЧНОГО КІЛЬЦЯ ТА БАЗИСНОЇ ЩІЛЬНОСТІ
ПРЯМОВОЛОКНИСТОЇ ТА ХВИЛЯСТО-ЗАВИЛЬКУВАТОЇ ДЕРЕВИНИ
ABIES ALBA MILL.....30
- В. П. Новицький, С. М. Грищенко, О. О. Дебела**
ПРОСТОРОВО-ЯКІСНІ ПІДХОДИ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ РЕСУРСІВ ПОЛЬОВОЇ
МИСЛИВСЬКОЇ ФАУНИ.....34
- М. М. Радомська, Я. Ю. Богомазюк**
АЛЬТЕРНАТИВНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ ЖИТЛОВОЇ ЗОНИ МІСТА КИЄВА.....38
- Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна, Ю. І. Гайда, Н. Я. Козацька**
РІСТ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ПЛАНТАЦІЙ ГІБРИДНИХ ТОПОЛЬ В УМОВАХ
ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....43
- М. І. Явний, Н. В. Пузріна**
ВИДОВИЙ СКЛАД ЕНТОМОКОМПЛЕКСУ В ОСЕРЕДКАХ ГОЛЛАНДСЬКОЇ
ХВОРОБИ В'ЯЗОВИХ.....48

2. ЕКОЛОГІЯ ТА ДОВКІЛЛЯ

- С. Б. Ковалевський, В. В. Легкий**
ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЛІСОВИХ
ЛАНДШАФТІВ ДУБРОВИЦЬКОГО РАЙОНУ ВНАСЛІДОК НЕСАНКЦІОНОВАНОГО
ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ52
- В. П. Ворон, І. М. Коваль, О. М. Ткач, С. Г. Сидоренко**
ЗМІНИ РАДІАЛЬНОГО ПРИРОСТУ В ПОШКОДЖЕНОМУ ПОЖЕЖЕЮ
СОСНОВОМУ ДЕРЕВОСТАНІ В ЗАХІДНОМУ ПОЛІССІ56

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ

- П. В. Білей, І. А. Соколовський, П. П. Білей, Г. В. Сомар**
ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ХІМІЧНОГО ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ ВОЛОГИ
З ДЕРЕВИНОЮ НА КІНЕТИКУ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ.....60
- П. В. Білей, І. А. Соколовський, Р. О. Рокунь**
ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОНВЕКТИВНОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ64

В. М. Палаш, А. Р. Дзюбик, І. Б. Хомич, Ю. В. Федик ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРНОСТІ СТАЛІ 30ХГСА.....	68
М. М. Стадник, І. В. Дідух ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ТОВСТОСТІННИХ ТРУБ І ТРУБЧАСТИХ ЗВАРНИХ ВУЗЛІВ НА СТАДІЇ РОСТУ ВТОМНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ПІВЕЛІПТИЧНОЇ ТРИЩИНИ	73
4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
В. В. Пасічник, М. В. Назарук ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНИЙ КОМПЛЕКС ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО СУПРОВОДУ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ "РОЗУМНОГО" МІСТА.....	78
Н. О. Олексійченко, Н. В. Гатальська, М. С. Мавко ВПЛИВ ОПТИЧНИХ ЧИННИКІВ НА ПРОЦЕС СПРИЙНЯТТЯ КОЛОРИТУ ЛАНДШАФТУ	86
Р. Я. Оріховський НАДІЙНІСТЬ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ У МЕБЛЕВОМУ ВИРОБНИЦТВІ	92
О. А. Андрушко, Ю. О. Борзов, І. О. Малець, О. В. Придатко АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ВИКОРИСТАННЯ DOCKER ДЛЯ ПОБУДОВИ МІКРОСЕРВІСІВ	95
І. С. Васильківський, В. О. Фединець, Я. П. Юсик ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ТЕМПЕРАТУРОПРОВІДНОСТІ РІДИН.....	99
Ю. Ю. Дендаренко, В. І. Дивень, О. Д. Блащук ЕФЕКТИВНІСТЬ РАДІАЛЬНОГО ВОДЯНОГО СТРУМЕНЯ-ЕКРАНА В ЗОНІ ТЕПЛОВОЇ ДІЇ ДИФУЗІЙНОГО ФАКЕЛА ПОЛУМ'Я	104
І. Й. Желізняк ПРАВИЛА ПОБУДОВИ АСОЦІАТИВНИХ ПРАВИЛ НА ПРИКЛАДІ ФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПАЦІЄНТА	107
В. М. Кулик, Т. О. Коротеева АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ФУТБОЛЬНИХ МАТЧІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	111
О. П. Максимів КАСКАДНИЙ МЕТОД ДЕТЕКТУВАННЯ ПОЛУМ'Я У ВІДЕОПОТОЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБОКИХ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	115
О. О. Морушко, С. К. Андрейчук, О. С. Манзій ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОНФЛІКТНОСТІ ЯК МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРСОНАЛЬНОГО СКЛАДУ МАЛОЇ ГРУПИ	121
І. В. Паснак, С. А. Грицюк, Д. В. Грицай РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	124
С. Б. Поберейко, А. А. Яковенко, М. М. Мисик, Є. П. Кунинець ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГРАНИЧНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ АНІЗОТРОПНИХ МАТЕРІАЛІВ	128
Д. М. Симак, Я. М. Гумницький, В. М. Атаманюк ТЕПЛОМАСООБМІН У СИСТЕМІ ТВЕРДЕ ТІЛО – РІДИНА З ПОВЕРХНЕВИМ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛА	133
Р. П. Шевчук, А. В. Ключко ПРОГРАМНИЙ СЕРВІС ДЛЯ ОПОВІЩЕННЯ ПРО ЗАГРОЗИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ	137
ДО ВІДОМА АВТОРІВ СТАТЕЙ.....	143

CONTENT

1. FORESTRY AND HORTICULTURE

- L. I. Kopyi, I. V. Fyzyk, S. Baran, V. V. Lavnyy, S. L. Kopyi, R. B. Presner, V.O. Agij**
NATURAL SEED REPRODUCTION OF OAK PLANTATIONS AS AN ELEMENT
CLOSE TO THE NATURE OF FORESTRY 9
- A. M. Bilous, U. M. Kotlyarevska**
THE BIOMASS STRUCTURE OF ALDER PLANTATIONS OF UKRAINIAN POLISSYA.....14
- U. O. Bachynska**
FOREST PATHOLOGY STATE OF ASH TREE STANDS ON THE TERRITORY
OF MEDOBORY NATURE RESERVE.....19
- V. S. Kucheryavy**
THE PECULIARITIES OF THE GROWTH ENERGY OF WESTERN THUJA CULTIVARS
(*THUJA OCCIDENTALIS* L.).....24
- M. M. Lisoviy**
SOME FEATURES OF OBTAINING ASEPTIC CULTURE OF *THUJA OCCIDENTALIS* L.
UNDER IN VITRO CONDITIONS27
- R. T. Maksymchuk, I. M. Sopushynskyy, I. Ya. Tymochko**
SOME FEATURES OF FORMATION OF ANNUAL RING AND STRAIGHT – AND
WAVE-GRAINED BASIC DENSITY WOOD OF *ABIES ALBA* MILL.....30
- V. P. Novytskyi, S. M. Grishhenko, O. O. Debela**
SPATIO-QUALITATIVE APPROACHES TO THE EXPLOITATION OF THE RESOURCES
OF THE FIELD HUNTING FAUNA34
- M. M. Radomska, Ya. Yu. Bogomazyuk**
THE ALTERNATIVE GREENIZATION OF THE RESIDENTIAL AREA IN KYIV CITY38
- Ya. D. Fuchylo, M. V. Sbytna, Yu. I. Hayda, N. Ya. Kozatska**
GROWTH AND PRODUCTIVITY OF HYBRID POPLAR PLANTANIONS IN CONDITIONS
OF WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE43
- M. I. Yavnyi, N. V. Puzrina**
SPECIES COMPOSITION OF THE ENTOMOCOMPLEX IN THE CENTER
OF DUTCH ELM DISEASE.....48

2. ECOLOGY AND ENVIRONMENT PROTECTION

- S. B. Kovalevskii, V. V. Lehkyi**
THE INTEGRAL ESTIMATE OF THE ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF FOREST
LANDSCAPES OF DUBROVYTSIA REGION AS A RESULT OF UNSECURED EXTRACTION
OF AMBER52
- V. P. Voron, I. M. Koval, O. M. Tkach, C. H. Sydorenko**
CHANGES OF RADIAL GROWTH IN PINE STAND DAMAGED BY FIRE IN WEST POLISSYA56

3. TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

- P. V. Biley, I. A. Sokolovskyy, P. P. Biley, H. V. Somar**
PECULIARITIES OF THE INFLUENCE OF CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL
BONDING OF MOISTURE WITH WOOD ON THE KINETICS OF DRYING PROCESS.....60
- P. V. Biley, I. A. Sokolovsky, R. O. Rokun**
IDENTIFICATION OF THE CONVECTIVE PROCESS OF WOOD DRYING.....64
- V. M. Palash, A. R. Dzubyk, I. B. Khomych, Yu. V. Fedyk**
WELDING FEATURES OF 30HGSA STEEL.....68

M. M. Stadnyk, I. V. Didukh THE ESTIMATION OF LIFETIME OF THE THICK-WALL TUBES AND THE TUBULAR WELDED JOINTS AT THE STAGE OF FETIGUE SURFACE SEMIELLIPTICAL CRACK PROPAGATION	73
4. INFORMATION TECHNOLOGIES	
V. V. Pasichnyk, M. V. Nazaruk ARCHITECTURE OF THE PROGRAM-ALGORITHMIC COMPLEX OF INFORMATIONAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR TRAINING SPECIALISTS IN CONDITIONS OF SMART CITY	78
N. O. Oleksiichenko, N. V. Gatalska, M. S. Mavko OPTICAL FACTORS INFLUENCE ON LANDSCAPE COLOURING PERCEPTION	86
R. Ya. Orikhovskyy THE RELIABILITY OF AUTOMATED PRODUCTION SYSTEMS IN FURNITURE MANUFACTURE.....	92
O. A. Andrushko, Yu. O. Borzov, I. O. Malets, O. V. Prydatko ANALYSIS OF THE USE OF DOCKER TO BUILD MICROSERVICES	95
I. S. Vasylykivskyy, V. O. Fedynets, Ya. P. Yusyk THERMAL CONDUCTIVITY LIQUID TRANSMITTER	99
Yu. Yu. Dendarenko, V. I. Dyven, O. D. Blashchuk EFFICIENCY OF THE RADIAL WATER JET-SCREEN IN THE HEAT INFLUENCE ZONE OF THE DIFFUSION TORCH-LIKE FLAME	104
I. J. Zheliznyak SOME REGULATIONS FOR CONSTRUCTING ASSOCIATIVE RULES ON THE EXAMPLE OF PATIENT'S PHYSICAL CHARACTERISTICS.....	107
V. M. Kulyk, T. O. Korotyeyeva ALGORITHM OF THE FOOTBALL MATCH RESULT PREDICTION ON THE BASIS OF NEURAL NETWORKS.....	111
O. P. Maksymiv CASCADE-BASED METHOD FOR FLAME DETECTION IN VIDEO SEQUENCES USING DEEP CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS	115
O. O. Morushko, S. K. Andreychuk, O. S. Manzii DETERMINATION OF THE CONFLICT RATIO AS A METHOD FOR OPTIMIZING SMALL GROUP PERSONAL COMPOSITION	121
I. V. Pasnak, S. A. Hrytsiuk, D. V. Hrytsai THE METHOD OF STUDYING TRAFFIC PARAMETERS	124
S. B. Pobereyko, A. A. Yakovenko, M. M. Mysyk, Ye. P. Kunynets THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THEORETICAL STUDIES RESULTS OF THE BOUNDARY STRESS STATE OF ANISOTROPIC MATERIALS.....	128
D. M. Simak, Ya. M. Gumnytsky, V. M. Atamanyuk HEAT AND MASS TRANSFER IN SOLID – LIQUID SYSTEM WITH SUPERFICIAL HEAT SOURCE	133
R. P. Shevchuk, A. V. Kliuiko SOFTWARE SERVICE FOR NOTIFICATION ABOUT HUMAN SAFETY THREATS.....	137



О. А. Андрушко¹, Ю. О. Борзов², І. О. Малець², О. В. Придатко²

¹ Symfoni ESM – a Fujitsu Company, м. Осло, Норвегія

² Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ВИКОРИСТАННЯ DOCKER ДЛЯ ПОБУДОВИ МІКРОСЕРВІСІВ

Висвітлено складність командної роботи в процесі розробки програмних продуктів за умови віддаленого доступу. Доповнено знання про технології контейнеризації щодо особливостей використання Docker для побудови мікросервісів. Визначено особливості використання та основні переваги Docker-технологій у процесі побудови мікросервісів. Висвітлено переваги контейнерування над процесом віртуалізації машини як інструменту оптимізації використання обчислювальних ресурсів. Описано шляхи уникнення конфліктів між різними середовищами розробки шляхом використання Docker, за рахунок гарантії того, що мікросервіси додатків працюватимуть у відокремлених від операційної системи середовищах. Описано принцип оптимізації середовищ, із необхідними бібліотеками та мовами, для різних учасників проектною команди на основі Docker Hub. Визначено основні переваги застосування процесу контейнеризації над використанням віртуальних машин у межах одного серверу. Розглянуто архітектуру мікросервісу для кращого уявлення про особливості застосування Docker у процесі розроблення програм. Розглянуто архітектуру Docker та описано основні компоненти. Описано Docker-системи оркестрування контейнерами для динамічного управління додатками.

Ключові слова: контейнеризація; розроблення мікросервісів; віртуалізація; Docker-технологія.

Вступ. Розроблення серверних веб-додатків значно змінилося після дебюту Docker'a. Поява Docker спростила створення масштабованих та керованих додатків, побудованих за допомогою мікросервісів. Для кращого розуміння, що таке мікросервіс і як Docker допомагає їх реалізувати, розглянемо приклад. Уявімо, що у команді веб-розробників працює три програмісти, які для створення одного й того ж додатку використовують різні операційні системи: macOS, Windows та Debian. Передусім, кожне з перелічених середовищ потребує окремих унікальних налаштувань. Окрім цього, розробники повинні встановити та налаштувати різні бібліотеки для своїх мов програмування. Неминучим є той факт, що бібліотеки та мови програмування конфліктуватимуть між різними середовищами. Додаймо ще сервери для тестування та виконання, після чого стає зрозумілим наскільки складно забезпечити однакові умови для всіх середовищ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Починаючи з 2013 р., коли розробники Docker Inc. презентували першу версію інструменту для віртуалізації рівня операційної системи, багато з них почали адаптовувати Docker під власні потреби. Разом із цим проведено наукові дослідження щодо визначення особливостей

ефективного використання Docker. У науковій праці (Musaev, Gazul & Anantchenko, 2014) розглянуто лабораторії віртуалізації, що дають змогу створювати віртуальні лабораторії на платформі Docker. Також, в оглянутій праці наведено порівняння архітектури віртуальних ІТ-сервісів на основі Docker та віртуальних машин, що дало підстави до розроблення рекомендацій щодо створення віртуальних лабораторій на основі контейнерів під загальним управлінням Docker.

У роботі (Belonozhko et al., 2016) проведено аналітичний огляд наявних хмарних сервісів, а також апаратних, програмних і організаційних особливостей їх реалізації. Значну увагу приділено огляду Docker-інструментів, що дає змогу усвідомити його місце в технологіях створення хмарних сервісів.

Стаття (Korolov, Gavrikov & Smirnov, 2017) спрямована на огляд та висвітлення переваг процесу віртуалізації, а також його впливу на використання обчислювальної потужності апаратної частини. Особливу увагу приділено огляду переваг нової технології віртуалізації-контейнеризації.

З проведеного аналізу зрозуміло, що питання особливостей використання технології контейнеризації Docker розкрито досить широко, проте все ж таки актуаль-

Інформація про авторів:

Андрушко Олег Андрійович, магістр, технічний консультант. Email: info@symfoni-esm.com

Борзов Юрій Олексійович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій. Email: borzovuo@ukr.net

Малець Ігор Остапович, канд. техн. наук, доцент, професор кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій. Email: igor.malets@gmail.com

Придатко Олександр Володимирович, канд. техн. наук, заступник начальника кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій. Email: o_prydatko@ukr.net

Цитування за ДСТУ: Андрушко О. А., Борзов Ю. О., Малець І. О., Придатко О. В. Аналіз процесів використання docker для побудови мікросервісів. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(9). С. 95–98.

Citation APA: Andrushko, O. A., Borzov, Yu. O., Malets, I. O., & Prydatko, O. V. (2017). Analysis of the Use of Docker to Build Microservices. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(9), 95–98. <https://doi.org/10.15421/40270920>

ними залишаються не розглянуті питання. Мета нашої роботи полягає у доповненні знань про технології контейнеризації в світлі особливостей використання Docker для побудови мікросервісів.

Мета дослідження. Зважаючи на окреслену проблему та беручи до уваги результати проведеного аналізу наукових праць, визначити особливості, переваги та недоліки використання Docker-технологій у процесі побудови мікросервісів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Описана вище проблема є актуальною за умови побудови монопілотних програм та стає ще нагальнішою, якщо слідувати сучасній тенденції розроблення додатків на базі мікросервісів.

Оскільки мікросервіси є автономними, незалежними прикладними блоками, кожен з яких виконує лише одну конкретну бізнес-функцію, їх можна розглядати як невеликі самостійні програми. Що станеться, коли створити десяток мікросервісів для одного додатку? І що, коли необхідно побудувати кілька мікросервісів з різними стеками технологій? Дуже швидко команда програмістів зіткнеться з багатьма перешкодами, оскільки розробники повинні керувати ще більшою кількістю середовищ, ніж у традиційному монопілотному додатку.

Однак, існує рішення – використання мікросервісів та контейнерів для інкапсуляції кожного такого сервісу і Docker допомагає керувати цими контейнерами. Docker – це інструмент контейнерування, побудований на основі контейнерів Linux, для забезпечення простого керування контейнерними додатками. Далі розглянемо переваги Docker для розробки мікросервісів на основі аналізу процесів його використання.

Контейнерування, як альтернатива віртуалізації, завжди могло вдосконалити спосіб створення додатків, а Docker, як інструмент контейнерування, часто порівнюється з віртуальними машинами.

Як відомо, віртуальні машини (VM) створено для оптимізації використання обчислювальних ресурсів. За умови запуску кількох віртуальних машин на одному сервері та розгортання кожного екземпляра програми на окремій віртуальній машині, забезпечуватиметься стабільне середовище для кожного екземпляра. Однак, на жаль, масштабуючи програму, швидко виникне проблема, пов'язана з продуктивністю, оскільки VM споживають багато ресурсів.

Наведена схема (рис. 1) демонструє місце hypervisor у системі керування кількома операційними (гостьовими) системами на одному сервері, ізолюючи їх одна від одної. У найпростіших випадках, hypervisor допомагає зменшити ресурси, необхідні для запуску декількох операційних систем.

Оскільки мікросервіси подібні до невеликих додатків, потрібно розгортати мікроконтролери для власних віртуальних екземплярів (щоб забезпечити дискретне середовище). І варто погодитись з тим фактом, що присвоєння всієї віртуальної машини для розгортання лише невеликої частини додатку – не найефективніший варіант. Однак за допомогою Docker можна зменшити втрати продуктивності та розгортати тисячі мікросервісів на одному сервері, оскільки контейнер Docker потребує набагато менше обчислювальних ресурсів (Bylina, 2016), ніж віртуальні машини.

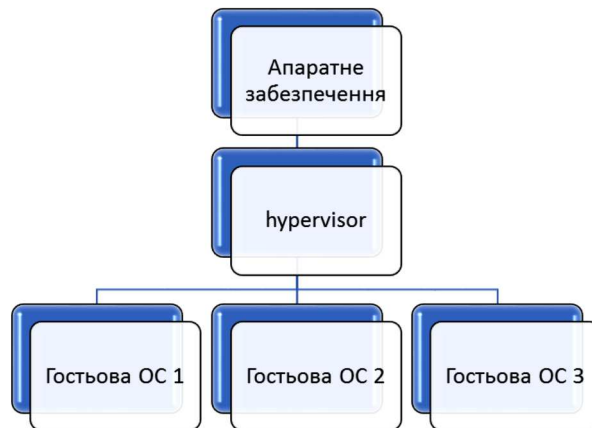


Рис. 1. Модель керування роботою VM з допомогою hypervisor

До цього моменту наш огляд зосереджувався на керуванні середовищами для одного додатку. Проте далі розглянемо випадок розроблення двох різних проектів або тестування двох різних версій того самого додатку. Конфлікти між версіями додатків або бібліотеками у цьому разі неминучі, і підтримка двох різних середовищ на одній VM є складним завданням. Тут доречно задати питання: "Чим Docker кращий за віртуальні машини?". На відміну від роботи віртуальних машин, Docker не потребує постійного створення нових середовищ, намагаючись уникнути конфліктів. Docker гарантує, що мікросервіси додатків працюватимуть у власних середовищах, які повністю відокремлені від операційної системи.

Завдяки Docker, перед командою розробників не виникає необхідності примусово працювати в ідентичних середовищах. Натомість, один розробник може створити стабільне середовище з усіма необхідними бібліотеками та мовами, після чого зберегти це налаштування в Docker Hub. Іншим розробникам залишається лише завантажити налаштування. Завдяки цій особливості Docker може заощадити багато часу.

Зважаючи на описані особливості використання Docker, можна узагальнити основні переваги використання цієї технології:

- зменшення часу запуску (контейнер Docker запускається за лічені секунди, оскільки контейнер – це лише процес операційної системи. Запуск віртуальної машини з повною ОС може тривати кілька хвилин);
- швидке розгортання (не має необхідності створювати нове середовище. Членом команди веб-розробки потрібно лише завантажити образ Docker, щоб запустити його на іншому сервері);
- зручне керування та масштабування контейнерів (знищення та запуск контейнерів швидше ніж знищення і запуск віртуальної машини);
- використання обчислювальних ресурсів (можливість запуску більшої кількості контейнерів, ніж віртуальних машин на одному сервері);
- підтримка різних операційних систем (Docker працює під Windows, Mac, Debian та інші ОС).

Для кращого уявлення про особливості застосування Docker у процесі розроблення програм, що базуються на мікросервісах, варто розглянути їх архітектуру. Почнемо з огляду простого мікросервісу.

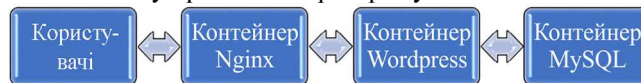


Рис. 2. Докеризований додаток (мікросервіс)

Програма (мікросервіс), зображена на рис. 2, складається лише із трьох служб і дає змогу реалізувати блог для веб-сайту. Кожна зі служб, Nginx (веб-сервер), MySQL (база даних) і Wordpress (рушій блогу), інкапсулюється в контейнер. Архітектура Docker містить три основні компоненти – образ, контейнери та реєстри. Розглянемо кожен компонент окремо.

Образи (Docker Images) слугують шаблонами для створення Docker-контейнерів. Контейнери, своєю чергою, є екземплярами образів та вважаються другим основним компонентом в архітектурі Docker.

Реєстри образів (репозиторії). Отже, образи та контейнери – два основних компоненти архітектури Docker. Але де вони розташовані? Усі контейнери в наведеному прикладі побудовані зі стандартних образів, що збережено в Docker Hub (реєстрі). Реєстри наділені можливістю додавання образів та їх завантаження з реєстру.

Далі, для повноти аналізу процесів використання Docker, варто розглянути особливості управління сотнями або тисячами контейнерів Docker на кількох серверах.

Докер дає змогу розгорнути мікросервіси один за одним на одному хості (сервері). Невеликий додаток, у прикладі вище, не потребує складного управління. Але що робити у випадку, коли додаток збільшується? Як розгорнути кілька контейнерів у кожному з декількох запущених серверів? Як масштабувати ці сервери "догори" та "донизу"? Для вирішення цих окреслених питань, Docker включає системи оркестрування контейнерами.

Контейнерна оркестрова система (container orchestration system) – це додатковий інструмент, який необхідно використовувати з Docker. До середини 2016 р. Docker фактично не надав жодного конкретного способу керування додатками, побудованими з тисяч мікросервісів. Але тепер є Docker Swarm – вбудована платформа для оркестрування контейнерів тощо.

Docker Swarm дає змогу використовувати Docker CLI для запуску команд, тому можна легко ініціалізувати групи контейнерів, додавати та видаляти контейнери з цих груп.

Як хмарні рішення, які можуть допомогти запустити докеровані додатки та оркеструвати контейнери, потрібно розглядати такі сервіси:

- Google Cloud Platform з підтримкою Kubernetes;
- Amazon ECS. Web-сервери Amazon дають змогу використовувати службу Elastic Compute Cloud (EC2) для запуску та оброблення контейнерів Docker;
- Azure Container Service є хостинговим рішенням, подібним до Amazon ECS, і підтримує різні способи для оркестрування докерованих додатків, включаючи Kubernetes, DC / OS з Mesos та Docker Swarm.

Отже, використання мікросервісів та контейнерів вважають ефективним сучасним способом створення масштабованих і керованих веб-програм. У разі не контейнеризації мікросервісу виникатимуть труднощі під час їх розгортання та керування. Саме тому, для уникнення будь-яких проблем під час їх розгортання, рекомендовано використання Docker. Окрім цього, контейнерна система оркестрування дає змогу ефективно керувати комплексними докеризованими програмами.

Висновки. За результатами проведеного аналізу процесів використання Docker означено низку переваг, які полягають в оптимізації використання обчислювальних ресурсів, працездатності у відокремлених від ОС середовищах та можливості оркестрування комплексними програмами, що унеможливує виникнення конфліктів між різними середовищами розробки під час побудови мікросервісів.

Перелік використаних джерел

- Amazon Web Services. (n.d.). Amazon Web Services – cloud computing services. Retrieved from: <http://aws.amazon.com/ru/>
- Belonozhko, P., Belous, V., Kutsevych, N., & Khrarov, D. (2016). Free cloud hardware and software platforms. *Analytical review. Science: Internet Magazine*, 8(6). <https://doi.org/10.15862/61TVN616>
- Bylina, A. (2016). Automate the deployment of infrastructure for business. *Problems and prospects of modern science*, 4, 87–91. [in Russian].
- Docker. (n.d.). Docker – Build, Ship, and Run Any App, Anywhere. Retrieved from: <https://www.docker.com/>
- Korolov, O., Gavrikov, I., & Smirnov, A. (2017). The economic role of virtualization in information systems. *International scientific review*, 5(36), 69–70. [in Russian].
- Musaev, A., Gazul, S., & Anantchenko, I. (2014). The information infrastructure design of an educational organization using virtualization technologies. *Bulletin of the Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University)*, 27(53), 71–76. [in Russian].

О. А. Андрушко¹, Ю. А. Борзов², И. О. Малець², А. В. Придатко²

¹ Symfoni ESM – a Fujitsu Company, г. Осло, Норвегия

² Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, г. Львов, Украина

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ DOCKER ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МИКРОСЕРВИСОВ

Описана проблема сложности командной работы в процессе разработки программных продуктов при удаленном доступе. Дополнен существующий багаж знаний о технологиях контейнеризации в свете особенностей использования Docker для построения микросервисов. Определены особенности использования и основные преимущества Docker-технологий на процессе построения микросервисов. Освещены преимущества контейнерной технологии над процессом виртуализации машины как инструмента оптимизации использования вычислительных ресурсов. Описаны пути избегания конфликтов между различными средами разработки путем использования Docker, за счет гарантии того, что микросервисы приложений будут работать в полностью отделенных от операционной системы средах. Описан принцип оптимизации сред, с необходимыми библиотеками и языками, для различных участников проектной команды на основе Docker Hub. Определен ряд основных преимуществ применения процесса контейнеризации над использованием виртуальных машин в пределах одного сервера с целью построения микросервисов. Рассмотрена архитектура микросервиса для лучшего понимания особенностей применения Docker в процессе разработки программ. Рассмотрена архитектура Docker и описаны основные компоненты. Описаны Docker-системы для динамического управления контейнерами.

Ключевые слова: контейнеризация; разработка микросервисов; виртуализация; Docker-технология.

ANALYSIS OF THE USE OF DOCKER TO BUILD MICROSERVICES

The problem of the complexity of teamwork in the process of developing software products with remote access is described. The existing knowledge of containerization technologies is supplemented in the light of the peculiarities of using Docker for creating microservices. The features of use and the main advantages of Docker-technologies in the process of building micro-services are determined. The advantages of container technology over the process of machine virtualization as a tool for optimizing the use of computing resources are highlighted. Described ways of avoiding conflicts between different development environments by using Docker, due to the guarantee that application micro services will operate in completely separate environments from the operating system. The optimization principle of environments, with necessary libraries and languages, for various participants of a design team based on Docker Hub is described. A number of main advantages of using the containerization process over the virtual machines within a single server for the purpose of creating micro-services are determined. Microservice architecture is considered for better understanding of Docker application features in the process of program development. Docker architecture is considered and the main components are described. Description of Docker-system for containers dynamic management is presented. According to the analysis of the processes of using Docker results, there is a number of advantages that include optimizing the computing resources use, efficiency in separated from the OS environments and the possibility of orchestration by complex programs, which allows avoiding conflicts between different development environments in the process of development of microservices.

Keywords: containerization; development of microservice; virtualization; Docker-technology.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ СТАТЕЙ

Під час підготовки статей до збірника науково-технічних праць "Науковий вісник НЛТУ України" радимо авторам дотримуватись таких рекомендацій.

Вимоги до оформлення. Обсяг тексту статті – 10-18 сторінок. Мова публікації – українська, російська чи англійська. Формат паперу – А4, поля документа – 2 см по периметру. Електронний варіант потрібно створювати за допомогою текстового редактора MS Word 2003, документ зберігати у форматі *.doc. Шрифт – Times New Roman, розмір – 14 points, рядки – через 1.5 інтервали.

Вимоги до структури статті. На початку статті обов'язково проставляють індекс УДК (Універсальної десятикової класифікації), у заголовку українською мовою зазначають: ініціали і прізвище автора (або авторів), повна назва закладу, в якому виконано роботу, назва статті, анотація (≈1200 знаків) та ключові слова (6–8 слів чи словосполучень, жодне з яких не дублює слова з назви статті). Далі – російською та англійською мовами: ініціали і прізвище автора (або авторів), назва статті, анотація (рос. ≈1200 знаків), реферат (англ. ≈1600 знаків) та ключові слова (6–8 слів чи словосполучень). В анотаціях і рефераті не має бути формул чи будь-яких спеціальних нетекстових символів.

Реферат англійською мовою потрібно сформулювати чітко та інформативно (не має містити загальних фраз, другорядної інформації), має бути оригінальним (не бути копією україно- чи російськомовної анотації), змістовним (відображати основний зміст статті), структурованим (написаним одним абзацом тексту, але слідувати послідовності опису результатів у статті), "англомовним" (написаним якісною англійською мовою). Реферат має містити преамбулу (1 речення), стислий опис методів проведення досліджень (1–2 речення), опис основних результатів (50–70% обсягу реферату) і лаконічні висновки чи перспективи подальших досліджень (1 речення). У тексті потрібно застосовувати термінологію, яку використовують у профільних міжнародних англомовних журналах. Зважте на те, що Вашу статтю читатиме міжнародна аудиторія науковців. Тому текст реферату має бути зв'язним, а його зміст – зрозумілим без ознайомлення з основним змістом самої статті.

Автор поданої до друку статті повинен чітко уявити коло читачів, на яке він розраховує. Рекомендуємо дотримуватись деяких загальних правил побудови науково-технічної статті: чітко і зрозуміло сформулювати постановку задачі; доступно викласти методику її розв'язання; зробити висновки – науковцям або дати практичні рекомендації – виробничникам. Наукова праця має містити необхідні характеристики описаних конструкцій чи схем, але в ній не має бути ні зайвого опису історії питання, ні відомих з підручників ілюстрацій, даних, математичних викладок.

Пам'ятайте, що міжнародні бази даних, до яких потрапить Ваша стаття після її публікації у збірнику, нічого не транслітерують і не перекладають. До них потрапить будь-який варіант Вашого прізвища чи ініціалів навіть із помилками, в т.ч. і назви організації, міста чи держави.

Фотографії та рисунки до статті можна подати в окремому файлі у форматі *.cdr, *.png або *.jpg, 300 dpi, b/w або Grayscale) чи оформлених у середовищі MS Excel. Зверніть увагу, що вони будуть надруковані у чорно-білому варіанті. Особливу увагу потрібно звернути на акуратний набір складних формул, індексів і степенів з використанням можливостей редактора MS Equation, а ще краще MathType.

У кінці статті, або в окремому файлі додають коротку довідку: *прізвище, ім'я та по батькові кожного з авторів, назва статті; заява зі вказанням для кожного автора вченого звання та наукового ступеня, посади, повної та скороченої назви закладу, де виконано роботу, службової чи домашньої адреси, номери телефонів, E-mail, прізвище автора для листування.*

Обов'язкові супровідні документи. Довідка про автора (файл метаданих до статті, приклад є на сайті), витяг із протоколу засідання кафедри про можливість публікації статті, експертний висновок, дві рецензії – внутрішню і зовнішню. Також вказати кількість примірників збірника, які автор хотів би отримати з опублікованою його статтею.

Старанно вивірених текст статті мають підписати автори, проставити дату відправлення чи подання. Редакція може повернути авторові неохайно оформлену статтю, має право проводити редакційні виправлення. До редакції потрібно надіслати (принести) один роздрукований примірник статті та її електронний варіант. Авторів (авторам) однієї статті видають один збірник з публікацією.

Повна версія вимог до авторів статей знаходиться на сайті видання:

<http://nv.nltu.edu.ua>

Підп. до друку 28.09.17. Формат 60x84/8. Папір офсетний. Друк офсетний.
Ум. др. арк. 16,74. Ум. фарбо-відб. 17,21. Облік.-вид-арк. 16,97. Тираж 250 прим.
Зам. № 9/2017

Видавець: Редакційно-видавничий центр НЛТУ України
79057, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 103
Тел.: (032) 240-23-50

E-mail: nv@ntu.edu.ua <http://nv.ntu.edu.ua>

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції
(Серія ДК, № 2062 від 17.01.2005 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
(Серія КВ, № 11889-760ПР від 26.10.2006 р.)

Згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 12.05.2015, № 528, "**Науковий вісник НЛТУ України**" належить до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук за такими напрямками:
біологічні науки (лісове господарство), сільськогосподарські науки, технічні науки,
та наказом МОН України від 09.03.2016 р., № 241: *економічні науки.*