DOI 10.31392/UDU-nc.series2.2025.24(31).06
УДК: 004.75:378.147

Франчук Василь Михайлович
доктор педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерної та програмної інженерії,
Український державний університет імені Михайла Драгоманова, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-9443-6520
vfranchuk@udu.edu.ua

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ З ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. У статті розглянуто дослідження можливостей застосування систем моніторингу інформаційно-технологічної інфраструктури у підготовці майбутніх фахівців з інформаційних технологій у закладах вищої освіти. Підкреслено, що в умовах цифрової трансформації освіти, розвитку дистанційного та змішаного навчання, а також збільшення складності ІТ-інфраструктури університетів, зростає потреба у використанні сучасних засобів контролю та управління технічними ресурсами. Обґрунтовується, що використання систем моніторингу інформаційно-технологічної інфраструктури є не лише технологічним рішенням для забезпечення стабільної роботи серверів, мережевого обладнання чи хмарних сервісів, а й ефективним освітнім інструментом, використання якого дозволяє здобувачам освіти формувати практичні компетентності, необхідні для професійної діяльності в галузі інформаційних технологій. У статті здійснено порівняльний аналіз поширених систем моніторингу – Nagios, Icinga, Prometheus, Grafana та Zabbix – з урахуванням їх технічних можливостей, зручності використання, потенціалу для інтеграції у навчальне середовище та дидактичної ефективності. Показано, що система Zabbix вирізняється універсальністю, широким набором агентських та безагентських методів збору даних, розвиненою системою тригерів і оповіщень, можливістю створення дашбордів, автоматизації адміністрування та моделювання реальних виробничих сценаріїв. Окрему увагу приділено питанням формування навчальних середовищ на базі Zabbix для відстеження роботи серверів, контейнерних систем, віртуалізаційних платформ, сховищ даних та мережевих сервісів. Наведено приклади інтеграції Zabbix у освітні дисципліни «Системне адміністрування», «Захист даних», «Адміністрування комп'ютерних систем та мереж», «Веборієнтовані навчальні комп'ютерні системи» з акцентом на розвиток аналітичного мислення та практичних навичок роботи з інструментами промислового рівня. Доведено, що впровадження системи Zabbix в освітній процес сприяє підвищенню якості професійної підготовки, формує здатність здобувачів освіти працювати з комплексними ІТ-інфраструктурами та забезпечує інтеграцію теоретичних знань із практичною діяльністю в умовах, наближених до реального виробничого середовища.

Ключові слова: моніторинг, Zabbix, ІТ-освіта, адміністрування, хмарні обчислення, педагогічні технології.

Вступ. Цифрова трансформація суспільства і зростання ролі інформаційних технологій у всіх галузях діяльності породжують нові вимоги до професійної підготовки фахівців. За освітніми програми маємо готувати не лише програмістів і теоретиків, а інженерів, здатних підтримувати працездатність комплексних інформаційних систем, прогнозувати відмови, забезпечувати безперервність сервісів і реагувати на інциденти. Моніторинг інформаційно-технологічної інфраструктури (ІТ-інфраструктури) як систематичне спостереження за станом інфраструктури стає ключовою компетентністю, що поєднує знання про апаратне забезпечення, програмні сервіси, мережеві протоколи і методи аналізу даних. Університетські лабораторії, які використовують реальні інструменти моніторингу ІТ-інфраструктури, створюють умови для формування практичних умінь, що відповідають очікуванням ринку праці [1]. Важливо, щоб використання освітніх платформ дозволяло здобувачам освіти працювати з тими ж технологіями, які використовуються у промислових середовищах, аби скоротити розрив між навчанням і практикою.

Моніторинг ІТ-інфраструктури в освітньому контексті виконує кілька функцій: навчальну, діагностичну та дослідницьку. Навчальна функція полягає у формуванні практичних навичок – налаштування агентів, створення тригерів, інтерпретація графіків.

Діагностична функція стосується використання інструментів для реального контролю сервісів закладу освіти, що підвищує їх надійність. Дослідницька функція дає змогу здобувачам освіти виконувати експериментальні завдання з аналізу навантаження, моделювання відмов і оцінювання ефективності виправлень. Саме тому вибір платформи для навчання повинен враховувати не тільки технічні характеристики, а й дидактичні можливості та зручність впровадження в освітній процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Станом на останні роки в науковій літературі зріс інтерес щодо інтеграції систем моніторингу IT-інфраструктури у вищу освіту. Дослідження концентруються на двох основних напрямах: технічна ефективність конкретних рішень та їх педагогічна доцільність. У багатьох працях розглядаються архітектурні підходи до моніторингу часових рядів, методи збору якості сервісу та інструментарій для автоматичного оповіщення [2], [7]. Особлива увага приділяється open-source інструментам, оскільки вони надають доступ до вихідного коду і можливість адаптації під навчальні сценарії без ліцензійних витрат. У публікаціях [3], [4] проаналізовано застосування Prometheus для моніторингу контейнерних середовищ, де автори підкреслюють його переваги у збиранні метрик із мікросервісів, але зауважують складність у налаштуванні для здобувачів освіти початківців. Інші роботи [5], [6] розглядають Nagios і Icinga з позицій класичного охоплення систем, проте відзначають їх обмеженість щодо візуалізації і сучасної аналітики.

Система Zabbix у ряді досліджень представлено як баланс між простотою навчання та глибиною функціоналу [7]. Автори підкреслюють такі його сильні сторони: інтегрований вебінтерфейс, підтримка агентської і безагентської телеметрії, можливість використання проксі для розподіленого моніторингу, вбудовані засоби для побудови дашбордів і звітів. Окремі наукові праці присвячені методикам застосування системи Zabbix у лабораторних роботах та проєктній діяльності здобувачів освіти, де доведено позитивний вплив на формування практичних компетентностей і аналітичних навичок [8]. Таким чином, вибір Zabbix для освітнього використання має підґрунтя як в технічних характеристиках, так і в емпіричних висновках, отриманих у навчальних середовищах.

Мета написання статті. Метою цього дослідження є всебічне обґрунтування доцільності використання системи Zabbix у навчальному процесі підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій, надання систематизованого технічного і дидактичного матеріалу для викладачів та опис методичних підходів щодо впровадження лабораторних та проєктних робіт із моніторингу. Додатково ставиться завдання систематизувати приклади практичних завдань для курсів з адміністрування та інформаційної безпеки, а також здійснити поглиблений порівняльний аналіз системи Zabbix з іншими популярними платформами моніторингу.

Подання основного матеріалу дослідження. Моніторинг інформаційно-технологічної інфраструктури як дисципліна розвивався паралельно з еволюцією мережевих і серверних технологій. Перші системи контролю працювали у вигляді простих скриптів, за допомогою яких перевіряли доступність мережевих вузлів через команду ping або SNMP запити (Simple Network Management Protocol – це протокол простого управління мережею, який використовується для моніторингу та керування мережевими пристроями та IT-інфраструктурою). Згодом виникли універсальні інструменти, використання яких дозволяло збирати дані з великої кількості джерел, зберігати історію і генерувати сповіщення на основі складних логічних умов.

На сучасному ринку інформаційних технологій представлено широкий спектр рішень для моніторингу IT-інфраструктури, які відрізняються як архітектурою, так і функціональними можливостями. Обираючи систему моніторингу, необхідно враховувати не лише технічні аспекти, а й можливості її застосування в освітньому процесі – простоту інсталяції, доступність документації, можливість реалізації навчальних завдань.

Серед таких систем особливе місце посідають системи моніторингу IT-інфраструктури Nagios, Icinga, Prometheus, Grafana та Zabbix, які мають різне походження, архітектурні принципи та призначення.

Система моніторингу Nagios, що з'явилася ще у 1999 році, вважається класичним рішенням для моніторингу серверів і мереж. Її основна перевага – модульність і використання плагінів, використання яких дозволяє перевіряти практично будь-який параметр системи. Проте конфігураційні файли системи Nagios мають складну структуру, що ускладнює навчання здобувачів освіти, які починають вивчати системи моніторингу. Інтерфейс є мінімалістичним, а функції візуалізації обмежені, тому у сучасних освітніх середовищах Nagios застосовується переважно для демонстрації історичних аспектів розвитку моніторингу [1].

Система моніторингу Icinga є спадкоємцем системи Nagios, створеною для покращення масштабованості та підтримки сучасних протоколів. Вона має вебінтерфейс і API (Application Programming Interface, інтерфейс програмування програмного забезпечення), але значна частина конфігурацій усе ще здійснюється через текстові файли, що залишає високий поріг входження. У навчальному процесі система Icinga використовується переважно у курсах із мережевого адміністрування для демонстрації класичної моделі агентного моніторингу.

Системи Prometheus і Grafana належать до нового покоління систем, орієнтованих на моніторинг контейнерних і мікросервісних архітектур. Система Prometheus використовує модель pull-запитів (інколи цю модель ще називають pull-моделью збору даних – це спосіб отримання даних, коли клієнт сам ініціює запит до сервера або джерела даних, щоб отримати актуальні дані) для збору даних і зберігає їх у власній базі. Це дає надзвичайно високу точність і можливість складних запитів. Проте для здобувачів освіти, які починають вивчати системи моніторингу IT-інфраструктури складність конфігурацій, необхідність роботи з PromQL (Prometheus Query Language) і окремими компонентами робить цю систему менш зручною у навчальних цілях. Використання системи Grafana, яка зазвичай працює разом із системою моніторингу Prometheus, забезпечує потужну візуалізацію, проте сама по собі не виконує моніторинг. Її основна роль – відображення метрик і побудова динамічних панелей.

Система Netdata – ще одна система нового покоління, орієнтована на моніторинг у реальному часі. Вона має високу швидкодію і автоматично визначає більшість параметрів системи. Однак її можливості зі зберігання історії та аналітики обмежені, що не дозволяє повноцінно досліджувати тренди у великих часових інтервалах. Для навчальних завдань система Netdata зручна для демонстрації короткочасних процесів, але не для глибокого аналізу.

У порівнянні з цими системами система моніторингу Zabbix вирізняється збалансованістю між простотою і потужністю. Вона має єдиний вебінтерфейс для керування всіма аспектами системи, підтримує як динамічний, так і пасивний збір даних, а також має власну систему тригерів, використання якої дозволяє описувати складні логічні залежності. Система Zabbix має добре документовану API, інтеграцію з хмарними сервісами і засоби візуалізації, що не потребують сторонніх рішень. Її архітектуру можна легко розширювати, а безкоштовна ліцензія з відкритим кодом робить її доступною для використання в університетах без додаткових фінансових витрат [2], [3], [6].

Технічні відмінності між системами можна розглядати з точки зору чотирьох критеріїв: гнучкість конфігурації, масштабованість, зручність інтерфейсу і можливість інтеграції. За цими параметрами система Zabbix демонструє стабільно високі результати. На відміну від систем Nagios чи Icinga, її використання не вимагає редагування конфігурацій вручну, оскільки всі налаштування виконуються через вебінтерфейс. У порівнянні з системою Prometheus, система Zabbix має простішу модель зберігання даних у стандартній базі MySQL або PostgreSQL, що дозволяє здобувачам освіти працювати з відомими технологіями. У порівнянні з системою Grafana, Zabbix інтегрує візуалізацію у власну екосистему без додаткових компонентів.

У Таблиці 1 наведено порівняння системи Zabbix з іншими поширеними рішеннями: Nagios, Prometheus + Grafana, Icinga.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз систем моніторингу IT-інфраструктури

Критерій	Zabbix	Nagios Core	Prometheus + Grafana	Icinga
Тип ліцензії	Відкрита (GPLv2)	Відкрита (GPLv2)	Відкрита (Apache 2.0 / AGPL)	Відкрита (GPLv2)
Інтерфейс користувача	Веб-інтерфейс (повнофункціональний)	Базовий (CLI + плагіни)	Grafana для візуалізації	Сучасний вебінтерфейс
Агентський моніторинг	Так (active/passive)	Так	Ні (використовує експортери)	Так (сумісність із Nagios Agent)
Моніторинг без агентів	SNMP, IPMI, HTTP, ICMP	SNMP	Pushgateway, Node Exporter	SNMP, NRPE
Автоматичне виявлення	Є	Обмежене	Частково (через інтеграцію з K8s)	Обмежене
Гнучкість тригерів	Висока	Середня	Залежить від PromQL	Висока
Повідомлення та дії	Розширена система оповіщень	Проста через плагіни	Інтеграція через AlertManager	Добре реалізовано
Візуалізація з коробки	Так (дашборди, графіки, карти)	Ні	Ні (тільки через Grafana)	Так
Масштабованість	Висока (через проксі)	Низька	Висока (в основному для метрик)	Середня
Підходить для навчання	Так, комплексне середовище	Так (основи моніторингу)	Так (DevOps/Cloud)	Так, як альтернатива Nagios

Отже, кожна з розглянутих систем має свої сильні сторони, однак з огляду на поєднання функціональності, відкритості, гнучкості та наявності методичних рекомендацій, система Zabbix заслуговує особливої уваги як базова платформа для навчання системного адміністрування, моніторингу й аналітики в рамках підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій.

Система Zabbix побудована за клієнт-серверною архітектурою і її використання дозволяє здійснювати централізований моніторинг різних об'єктів: серверів, мережевих пристроїв, програмних засобів, баз даних, хмарних сервісів тощо. Її архітектура забезпечує масштабованість, гнучкість конфігурації та можливість автоматизації багатьох процесів, що робить систему Zabbix одним із лідерів у сфері open-source моніторингу.

Таким чином, систему Zabbix можна вважати оптимальним вибором для навчальних закладів, оскільки вона поєднує зрозумілий інтерфейс, глибокий функціонал і відкритість архітектури. Це дозволяє не лише проводити лабораторні заняття, а й реалізовувати комплексні освітні проєкти, що імітують роботу IT-відділу великої організації.

Педагогічна інтеграція Zabbix в освітній процес. Система моніторингу Zabbix ґрунтується на модульній клієнт-серверній архітектурі, де основними компонентами є сервер, база даних, агенти, проксі-сервери, вебінтерфейс і система повідомлень. Використання такої структури забезпечує масштабованість, стабільність і можливість розподіленого контролю за великою кількістю вузлів. Сервер Zabbix виконує роль центрального елемента, за допомогою

якого приймаються, зберігаються та опрацьовуються дані, отримані від агентів або через інші протоколи. У базі даних зберігається історія показників, відомості про конфігурації, події, сповіщення та користувачів.

Агент системи Zabbix, який може бути встановлений на будь-яку операційну систему, збирає дані про стан апаратних ресурсів і процесів: використання процесора, пам'яті, дисків, мережевих інтерфейсів, служб і логів. У навчальних умовах цей компонент є базовим інструментом для практичного ознайомлення здобувачів освіти із принципами збору телеметрії. Вони навчаються створювати власні шаблони для моніторингу, визначати ключові параметри та аналізувати отримані результати.

У системі Zabbix також підтримується безагентний моніторинг через протоколи SNMP, IPMI (Intelligent Platform Management Interface), JMX (Java Management Extensions), HTTP-запити, що особливо важливо для навчання адміністрування мережевого обладнання, серверів віртуалізації чи контейнерних систем. Здобувачі освіти можуть реалізувати лабораторні сценарії, де необхідно спостерігати за станом маршрутизаторів, хмарних хостів або вузлів Kubernetes (Kubernetes nodes – це сервери (фізичні або віртуальні машини) на яких запускаються контейнери та компоненти кластеру Kubernetes). Використання такої інтеграції дозволяє практикувати адміністрування гібридних середовищ і розуміти архітектуру корпоративних рішень.

Однією з ключових особливостей системи Zabbix є можливість використання проксі-серверів для розподіленого моніторингу. У навчальному процесі це дає змогу моделювати роботу великої компанії, де різні філії мають власні локальні сервери, а центральний сервер Zabbix збирає дані та агрегує результати. Здобувачі освіти можуть виконувати завдання з налаштування проксі, симулювати мережеві затримки, втрату мережевих пакетів, перевіряти стійкість зв'язку та ефективність передавання даних у віддалених сегментах мережі.

Система Zabbix має гнучку систему тригерів – логічних умов, що визначають момент виникнення події. У навчальному процесі це дозволяє закріпити знання про порогові значення, оператори порівняння, логічні зв'язки й часові залежності. Наприклад, здобувач освіти пропонується створити тригер, який активується за умови перевищення навантаження процесора понад 85% протягом п'яти хвилин або за умови зменшення вільного простору на диску нижче 5%. Такі завдання розвивають уміння аналізувати дані, формулювати умови у логічній формі та реагувати на події у реальному часі.

Особливе значення у системі має модуль оповіщень. Його використання дозволяє налаштовувати сповіщення через електронну пошту, SMS, Telegram або інші сервіси за допомогою HTTP-сповіщень (вебхуків). У межах навчального курсу здобувачі освіти реалізують практичні завдання: інтеграція системи Zabbix із Telegram-ботом для автоматичного повідомлення про інциденти або створення HTTP-сповіщень, який передає дані в Slack (Slack – це хмарний корпоративний месенджер і платформа командної комунікації, призначена для організації робочих процесів, спільної роботи та інтеграції з іншими сервісами). Такі вправи формують компетентності в галузі автоматизації процесів, що є основою сучасних DevOps-практик (DevOps – це підхід до розроблення та експлуатації програмного забезпечення, який об'єднує команди розробників (Dev) і фахівців з операційної підтримки (Ops) з метою автоматизації процесів, підвищення швидкості розроблення та надійності IT-систем).

Візуалізаційні можливості використання системи Zabbix також заслуговують особливої уваги. Використання інтерфейсу системи дозволяє будувати динамічні графіки, панелі моніторингу, карти мереж і шаблони звітів. Здобувачі освіти під час занять можуть створювати власні динамічні інформаційні панелі (дашборди) для аналізу наприклад роботи серверів системи Moodle або баз даних, налаштовують групи елементів і відображають їх на динамічній карті організації. Це не лише закріплює технічні навички, а й формує естетичне розуміння інформаційної візуалізації, важливе для представлення результатів моніторингу у звітах і дослідженнях.

У контексті адміністрування освітніх платформ особливо ефективним є приклад

використання системи Zabbix для контролю серверів системи Moodle. Викладач може запропонувати здобувачам освіти практичне завдання, де вони моніторять основні параметри сервера системи Moodle: завантаження процесора, доступність вебсервісів, кількість активних з'єднань до бази даних MySQL, використання кешу, роботу PHP-FPM і швидкодію дискових підсистем. На основі зібраних метрик здобувачі освіти аналізують продуктивність системи, виявляють «вузькі місця» і пропонують оптимізаційні рішення – збільшення оперативної пам'яті, зміна параметрів кешування або балансування навантаження.

Іншим поширеним завданням є організація навчальної лабораторії з моніторингу віртуалізованих середовищ Proxmox або VMware. Використовуючи систему Zabbix, здобувачі освіти створюють шаблони для моніторингу стану віртуальних машин, обчислювальних вузлів і сховищ. Вони можуть оцінювати продуктивність віртуальних серверів, спостерігати за динамікою використання ресурсів та аналізувати ефективність розподілу навантаження. Таке завдання сприяє розвитку системного мислення та розуміння принципів оптимізації ресурсів у дата-центрах.

Під час курсів із DevOps-інженерії застосовується ще глибший рівень інтеграції. Система Zabbix використовується як частина безперервного циклу моніторингу CI/CD (Continuous Delivery / Continuous Deployment). Наприклад, після оновлення контейнеризованого сервісу здобувачі освіти повинні перевірити його доступність, відстежити ключові метрики і, за необхідності, ініціювати зворотне розгортання. Такі лабораторні сценарії формують комплексне розуміння життєвого циклу програмного забезпечення.

У системі Zabbix підтримується повну автоматизацію через REST (Representational State Transfer) API, що робить її придатною для досліджень з автоматизованого адміністрування. У межах курсових або кваліфікаційних робіт здобувачі освіти створюють власні скрипти, які виконують додавання хостів, призначення шаблонів або отримання даних для зовнішніх звітів. Таким чином, вони не лише користуються готовими інструментами, а й навчаються будувати системи моніторингу, що обмінюються даними із іншими сервісами.

Застосування системи Zabbix у навчанні базується на поєднанні технічного та педагогічного підходів. З одного боку, це інструмент моніторингу, використання якого дає можливість здобувачам освіти взаємодіяти з реальними серверами, сервісами та протоколами. З іншого – це засіб формування аналітичного мислення і навичок прийняття рішень.

Інтеграція системи в освітній процес реалізується на трьох рівнях: ознайомчому, практичному та дослідницькому. На першому рівні здобувачі освіти знайомляться з інтерфейсом, основними поняттями, структурою та можливостями системи. Вони навчаються додавати хости, створювати шаблони, налаштовувати тригери та переглядати графіки. Цей етап дозволяє оволодіти базовими технічними навичками і зрозуміти логіку роботи системи.

На другому рівні, практичному, здобувачі освіти виконують реальні завдання: моніторинг серверів системи Moodle, баз даних, віртуальних машин або мережевих пристроїв. Вони аналізують зібрані метрики, виявляють перевантаження, оптимізують параметри конфігурації. Така діяльність сприяє розвитку вмінь працювати з великими масивами даних і робити висновки на основі фактичних показників.

На третьому рівні, дослідницькому, здобувачі освіти створюють власні проєкти: наприклад, розроблення сценарію моніторингу хмарного середовища чи віртуальної лабораторії. У магістерських освітніх програмах це може бути робота з побудови системи контролю за ефективністю використання ресурсів університету або моделювання ситуацій відмов і їх автоматичного усунення.

У педагогічному вимірі система Zabbix допомагає реалізувати принципи діяльнісного навчання. Здобувачі освіти набувають знань не через пасивне сприйняття даних, а через виконання конкретних дій. Кожен елемент системи – агент, тригер, правило сповіщення – перетворюється на навчальний об'єкт, який має своє призначення, функції та поведінку. Завдяки цьому процес навчання стає інтерактивним і практично орієнтованим.

Викладачі можуть використовувати систему Zabbix не лише як інструмент для лабораторій, але і як методичний засіб оцінювання активності здобувачів освіти. Наприклад,

у курсах із адміністрування чи захисту даних кожен здобувач освіти налаштовує власний сервер моніторингу, а оцінювання здійснюється на основі функціональності створеної системи, кількості налаштованих вузлів та якості візуалізації. Такий підхід стимулює самостійну роботу, креативність і відповідальність.

У дослідницьких курсах система Zabbix може бути використана для збирання емпіричних даних під час експериментів. Наприклад, під час тестування впливу оптимізації баз даних на швидкодію вебресурсів здобувачі освіти використовують систему Zabbix для фіксації часу відгуку, навантаження процесора, споживання пам'яті та мережевого трафіку. Зібрані дані потім опрацьовуються статистично, що розвиває навички наукового аналізу.

Педагогічна цінність використання системи Zabbix полягає у можливості формування професійних компетентностей через практичну діяльність у реальних умовах. Ця система надає викладачам універсальний інструмент для організації навчального середовища, де здобувачі освіти можуть не лише спостерігати за процесами, а й безпосередньо втручатися у них, змінювати параметри, аналізувати наслідки. Це повністю відповідає принципам конструктивістської педагогіки, у межах якої знання формується через діяльність і рефлексію.

У традиційних формах навчання здобувачів освіти часто отримують лише теоретичні уявлення про роботу систем моніторингу. Використання системи Zabbix дозволяє перетворити ці знання на досвід. Під час лабораторних і проєктних занять вони працюють із власними серверами, моделюють відмови, відновлення, конфлікти ресурсів, що розвиває професійну інтуїцію й упевненість у прийнятті рішень. Важливо, що система підтримує командну взаємодію: кілька користувачів можуть спільно аналізувати показники, обговорювати результати й планувати подальші дії. Такий формат роботи сприяє розвитку навичок колективної відповідальності, що є ключовими компетентностями сучасного фахівця з інформаційних технологій.

Методичні переваги системи Zabbix полягають у її універсальності. Вона може бути використана як у базових, так і у спеціалізованих курсах. Для початкового рівня підготовки система виступає засобом ознайомлення з принципами роботи IT-інфраструктури: здобувачі освіти навчаються спостерігати, аналізувати і робити висновки. Для більш досвідчених здобувачів освіти – магістрів або аспірантів – вона є базою для виконання дослідницьких робіт і комплексних проєктів, що потребують інтеграції кількох систем. Таким чином, система Zabbix забезпечує безперервність освітнього процесу – від базових навичок до рівня інженерного проєктування.

Ще однією педагогічною перевагою є можливість використання системи Zabbix для самооцінювання і моніторингу власного прогресу здобувачів освіти. Використання системи надає розгорнуті звіти, графіки, історію змін, що дозволяє бачити динаміку розвитку навичок і результатів. Наприклад, упродовж семестру здобувачі освіти можуть відстежувати стабільність своєї конфігурації серверів або ефективність алгоритмів балансування навантаження. Викладач, своєю чергою, має змогу аналізувати статистику використання системи всією групою, виявляючи найуспішніших і тих, хто потребує додаткової допомоги.

Педагогічний потенціал Zabbix також полягає у розвитку критичного мислення. Здобувачі освіти навчаються оцінювати достовірність даних, відрізняти випадкові коливання від системних проблем, знаходити причини відмов. Така аналітична робота близька до наукового дослідження, оскільки потребує формулювання гіпотез, перевірки результатів і аргументування висновків. Це створює умови для формування дослідницьких компетентностей, що є складовою освітніх стандартів підготовки фахівців з інформаційних технологій.

Використання системи Zabbix у навчальному середовищі також сприяє цифровізації освітнього процесу. Платформа може бути інтегрована із системами керування навчанням (LMS) для моніторингу технічного стану серверів, мережевих з'єднань або використання ресурсів здобувачами освіти. Використання такої інтеграції дозволяє створити єдину аналітичну систему закладу, де поєднуються технічні та освітні дані. Наприклад, можна одночасно аналізувати активність користувачів системи Moodle і навантаження на сервер,

роблячи висновки про ефективність використання систем управління навчанням.

У системі Zabbix підтримується створення навчальних полігонів і симуляційних середовищ, де здобувачі освіти виконують роль адміністраторів, операторів і аналітиків. У таких сценаріях вони стикаються з типовими інцидентами – перевантаженням серверів, відмовами мережі, некоректною роботою баз даних – і мають знаходити шляхи їх вирішення. Це дозволяє формувати не лише технічні, а й комунікативні компетентності: опис проблеми, аргументація рішення, звітування про результати. У деяких університетах на основі системи Zabbix створюються навіть навчальні кіберполігони, де здобувачі освіти одночасно навчаються моніторингу, безпеці та реагуванню на кіберінциденти.

У сучасному інформаційному середовищі існує велика кількість систем моніторингу, кожна з яких має свої сильні та слабкі сторони. Вибір інструмента залежить не лише від технічних потреб організації, а й від контексту його застосування – наприклад, у освітньому процесі важливими є відкритість, гнучкість, простота розгортання та можливість адаптації під лабораторні або проєктні роботи.

Використання системи моніторингу Zabbix у навчальному процесі спрямоване на формування у здобувачів освіти здатності аналізувати стан інформаційної інфраструктури, забезпечувати її надійність і стабільність функціонування та оперативно виявляти відхилення у роботі компонентів. Практичні заняття дозволяють інтегрувати теоретичні знання з набуттям практичних навичок адміністрування, розвитку аналітичного мислення та освоєння інструментів DevOps, що особливо важливо для майбутніх фахівців з інформаційних технологій. Лабораторні роботи формують загальні та фахові компетентності, передбачають освоєння принципів побудови систем моніторингу, роботи з агентами, тригерами та оповіщеннями, побудови динамічних дашбордів, аналізу статистичних даних та інтеграції з зовнішніми сервісами.

Серед основних лабораторних робіт виокремити:

- *Розгортання системи Zabbix у локальному або віртуалізованому середовищі*, що забезпечує розуміння архітектури системи та базових принципів її роботи.
- *Конфігурування агентів та SNMP-пристроїв*, яке формує навички збору даних про стан апаратних і програмних ресурсів.
- *Моніторинг операційних систем Linux і Windows*, використання якого дозволяє оцінювати продуктивність та працездатність серверів різних платформ.
- *Створення та модифікація шаблонів моніторингу*, спрямоване на стандартизацію та масштабування процесів збору даних.
- *Розроблення тригерів і правил сповіщення*, що забезпечує автоматизацію реагування на відхилення у роботі системи.
- *Моніторинг мережевих сервісів*, використання якого дозволяє контролювати доступність та якість роботи ключових протоколів і сервісів.
- *Емуляція користувацького використання вебресурсів*, що розвиває навички оцінювання доступності вебсервісів.
- *Моніторинг баз даних*, використання якого забезпечує аналіз продуктивності СУБД та навантаження на ресурси.
- *Побудова динамічних дашбордів і карт IT-інфраструктури*, що формує навички візуалізації стану системи та інтеграції даних.
- *Аналіз статистичних даних і трендів*, результати якого дозволяють прогнозувати навантаження та виявляти аномалії.
- *Інтеграція з зовнішніми сервісами оповіщення*, що сприяє розвитку навичок автоматизації та інформаційної взаємодії.
- *Моніторинг контейнеризованих і хмарних середовищ*, що забезпечує практичне ознайомлення з сучасними платформами розподілених систем.
- *Моніторинг навчальних платформ*, зокрема серверів системи Moodle, що демонструє застосування моніторингу у навчальному середовищі та формує практичні компетентності майбутніх фахівців з інформаційних технологій.

Такий підхід дозволяє майбутнім фахівцям з інформаційних технологій опановувати сучасні засоби моніторингу, формує практичні навички та професійні компетентності, необхідні для ефективної роботи в реальних IT-середовищах.

Використання системи Zabbix у навчальному процесі сприяє формуванню міждисциплінарних компетентностей майбутніх фахівців з інформаційних технологій, оскільки дозволяє інтегрувати знання та практичні навички з різних галузей IT. Такий підхід створює передумови для комплексного міждисциплінарного навчання та розвитку дослідницьких компетентностей. Серед напрямів міждисциплінарної інтеграції можна виокремити:

- Програмування: написання скриптів для кастомного збирання метрик.
- Кібербезпека: контроль журналів та виявлення аномалій.
- Штучний інтелект: аналіз метрик з використанням ML-підходів.
- Big Data: інтеграція з Grafana для опрацювання потоків даних.

Реалізація таких завдань забезпечує синтез знань і навичок із різних галузей інформаційних технологій, сприяє формуванню у здобувачів освіти здатності до комплексного аналізу даних, критичного мислення та дослідницької діяльності. Водночас інтеграція міждисциплінарних підходів дозволяє поглибити розуміння взаємозв'язків між програмуванням, кібербезпекою, штучним інтелектом та опрацюванням великих даних, що підвищує рівень практичної підготовки та формує професійні компетентності, необхідні для ефективної діяльності майбутніх фахівців з інформаційних технологій у складних IT-середовищах та під час виконання комплексних прикладних і дослідницьких завдань.

Також використання системи Zabbix у навчальному процесі може слугувати основою або складовою частиною курсових, дипломних та STEM-проєктів, забезпечуючи інтеграцію теоретичних знань з практичною діяльністю та розвиток дослідницьких компетентностей майбутніх фахівців з інформаційних технологій. Практичні завдання на основі системи Zabbix дозволяють здобувачам освіти опановувати сучасні методи моніторингу IT-інфраструктури, формувати аналітичні та проєктні навички, а також розвивати здатність до міждисциплінарного підходу в оцінюванні ефективності та продуктивності систем.

Серед можливих проєктних завдань можна виокремити:

- Побудова системи моніторингу для серверної або локальної мережі, що дозволяє оцінювати стан і працездатність ключових компонентів інфраструктури.
- Автоматизація контролю відвідуваності та доступності освітніх сервісів, що забезпечує ефективний моніторинг навчального процесу.
- Аналіз продуктивності навчальних платформ, таких як Google Workspace і системи Moodle, з метою оптимізації їх роботи та підвищення якості навчального середовища.
- Побудова карт розміщення пристроїв із візуалізацією у навчальних аудиторіях, що сприяє комплексному уявленню про структуру IT-інфраструктури та підвищує рівень просторової орієнтації здобувачів освіти у мережевих середовищах.

Реалізація цих проєктів дозволяє здобувачам освіти розвивати комплексні професійні компетентності, поєднувати знання з різних галузей IT та набувати практичних навичок роботи з сучасними інструментами моніторингу. Крім того, така діяльність стимулює дослідницьке мислення, формує здатність до самостійного аналізу та вирішення прикладних завдань у складних IT-середовищах, що є ключовими компетентностями майбутніх фахівців з інформаційних технологій.

Для ефективного впровадження лабораторних занять і навчальних курсів із використанням системи Zabbix доцільно застосовувати різноманітні платформи, використання яких дозволяє моделювати реальні IT-середовища та забезпечує інтеграцію теоретичних знань з практичними навичками. Використання таких платформ сприяє формуванню у здобувачів освіти навичок роботи з різними технологічними середовищами, розвитку компетентностей у сфері адміністрування, моніторингу та DevOps-процесів.

Серед можливих платформ для тренування можна виокремити:

- *Локальні віртуальні машини*, такі як VirtualBox і VMware, використання яких дозволяють здобувачам освіти розгортати ізольовані лабораторні середовища на власних комп'ютерах.
- *Docker-контейнери з попередньо налаштованою системою Zabbix*, використання яких забезпечують швидке та стандартизоване розгортання системи моніторингу.
- *Хмарні середовища*, зокрема AWS, Azure, Google Cloud та OpenStack, використання яких дозволяють моделювати масштабовані та розподілені IT-інфраструктури.
- *Навчальні стенди на базі Raspberry Pi*, використання яких дозволяють створювати доступну платформу для експериментів із фізичними пристроями та мережевою інфраструктурою.

Застосування цих платформ забезпечує комплексну підготовку майбутніх фахівців з інформаційних технологій, формує практичні навички роботи з сучасними інструментами моніторингу, дозволяє реалізувати міждисциплінарні завдання та стимулює розвиток дослідницьких компетентностей, необхідних для роботи в реальних IT-середовищах.

Вивчення системи Zabbix має значний дидактичний потенціал для формування практичних навичок здобувачів освіти у сфері моніторингу IT-систем. Методично обґрунтоване впровадження цієї платформи в освітній процес забезпечує міждисциплінарний підхід до навчання, розвиток аналітичного мислення, автоматизацію практичної підготовки та готовність до вирішення реальних задач цифрової інфраструктури.

Для ефективного впровадження систем моніторингу в освітній процес доцільно застосовувати поетапний підхід до їхнього вивчення. Більш прості платформи дозволяють здобувачам освіти засвоїти базові принципи моніторингу та структуру перевірок, тоді як більш складні системи забезпечують розвиток аналітичного мислення, практичних навичок адміністрування та підготовку до роботи з сучасними IT-інфраструктурами. Такий підхід створює умови для поступового ускладнення завдань і формування професійних компетентностей, зокрема:

- *Nagios* добре підходить для введення в тематику моніторингу, оскільки у ній можна працювати з простими конфігураційними файлами і за її допомогою здобувачі освіти можуть навчитися розуміти структуру перевірок.
- *Prometheus* ідеальний для курсів, пов'язаних з DevOps, Cloud, Kubernetes. Однак його використання потребує доброго знання інфраструктури та мови PromQL.
- *Icinga* є логічним наступником Nagios, і може бути корисним як «другий крок» після ознайомлення з основами.
- *Zabbix* поєднує в собі повнофункціональний набір засобів моніторингу, візуалізації, керування, що робить його оптимальним вибором для комплексного вивчення моніторингу в освітньому середовищі.

Таблиця 2

Практичні рекомендації для впровадження в ЗВО

Рівень	Система	Обґрунтування
1 курс	Nagios	Вивчення основ моніторингу, CLI-орієнтація, ручне конфігурування.
2–3 курс	Zabbix	Вивчення архітектури, роботи з агентами, тригерами, візуалізацією.
3–4 курс (або магістратура)	Prometheus + Grafana	Моніторинг мікросервісів, контейнерів, Cloud/DevOps-середовищ.

Застосування поетапного підходу (Табл. 2) до вивчення різних систем моніторингу дозволяє здобувачам освіти поступово розвивати професійні компетентності, інтегрувати міждисциплінарні знання, формувати практичні навички роботи з сучасними IT-

інструментами та підвищує готовність до виконання складних аналітичних і прикладних завдань у реальних умовах IT-інфраструктури.

Проведений порівняльний аналіз свідчить, що Zabbix є універсальним інструментом, який гармонійно поєднує зручність у використанні, багатофункціональність і відкриту архітектуру. Це робить його придатним як для промислового застосування, так і для широкого впровадження в системі вищої освіти з метою формування компетентностей з моніторингу інформаційних систем.

Досвід використання системи Zabbix у закладах вищої освіти підтверджує ефективність цього інструмента як складової освітнього процесу. Його застосування дає змогу перейти від формального навчання дисциплін до інтегрованого навчання, у якому теорія тісно пов'язана з практикою. Важливо, що платформа є вільнопоширюваною і може бути розгорнута навіть на базовому сервері університету, що робить її доступною для будь-якого закладу освіти.

Педагогічні результати впровадження системи Zabbix виражаються у кількох напрямах. По-перше, зростає рівень мотивації здобувачів освіти, оскільки вони працюють із реальними технологіями, що використовуються в індустрії. По-друге, формуються професійні компетентності системного адміністрування, аналітики даних, DevOps і захисту даних. По-третє, підвищується якість навчальних досліджень, оскільки система Zabbix забезпечує достовірність і відтворюваність результатів. Нарешті, розширюється можливість міждисциплінарних проєктів – моніторинг може бути пов'язаний із вивченням інформатики, математики, менеджменту чи освіти дорослих.

Висновки. Система Zabbix є не лише технологічно потужним, а й педагогічно значущим інструментом, який поєднує у собі можливості моніторингу, аналітики та навчання. Її використання у процесі підготовки фахівців з інформаційних технологій дозволяє реалізувати концепцію інтегрованої IT-освіти, де теоретичні знання підкріплюються практичним досвідом. За допомогою системи Zabbix формується в здобувачів освіти системне бачення інфраструктури, навчає виявляти закономірності у поведінці складних систем, прогнозувати відмови та приймати обґрунтовані рішення. Порівняльний аналіз підтвердив, що серед систем з відкритим кодом саме система Zabbix має найкраще співвідношення між функціональністю, зручністю використання і навчальною придатністю. Її гнучкість, підтримка автоматизації та наявність інтегрованих засобів візуалізації роблять її придатною як для університетських лабораторій, так і для професійного середовища.

З педагогічної точки зору, система Zabbix сприяє розвитку самостійності, критичного мислення та дослідницьких навичок. Її використання створює умови для практичного навчання в моделі «навчання через дію», що відповідає сучасним тенденціям розвитку IT-освіти та галузі інформаційних технологій. Таким чином, впровадження системи Zabbix у навчальний процес сприяє не лише технічній підготовці здобувачів освіти, але й підвищує якість освіти загалом, роблячи її ближчою до потреб цифрового суспільства.

Список використаних джерел:

[1]. Barros J., Silva A. Monitoring Strategies for Modern IT Infrastructures. Journal of Network Systems, 2021.

[2]. Lee S. Open-Source Tools for IT Infrastructure Education. International Journal of Information Technologies, 2020.

[3]. Грибовський О. М., Орлов М. В., Жовнір Ю. І., Дуда О. М. Від концепції до реальності: роль методології DevOps в екосистемах IoT. *Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського: Серія «Технічні науки»*. 2024. Т. 35 (№ 6). УДК: 004.4:004.415:004.678:004.7:004.9. DOI: 10.32782/2663-5941/2024.6.2/22..

[4]. Yechkalo, Y. V., Tkachuk, V. V., Semerikov, S. O., Khotskina, S. M., Markova, O. M., Kravets, A. S. Developing digital competence in computer science education: an integrated framework for theory-driven pedagogical innovation. Educational Dimension. 2024. DOI: 10.55056/ed.945

[5]. Захарченко С. М., Суприган О. І. *Основи системного адміністрування комп'ютерних мереж на базі ОС Windows* …: навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2008. 100 с.

[6]. Zabbix Documentation. Zabbix LLC. URL: https://www.zabbix.com/documentation.

[7]. Кмицяк В. М. Інтегровані підходи до автоматизації, моніторингу та оптимізації продуктивності високонавантажених баз даних: кваліфікаційна (бакалаврська) робота. Львів, Національний університет "Львівська політехніка", 2024. 84 с.

[8]. Martovytskyi V., Koltun Y., Holubnychyi D., Sukhoteplyi V.Технологія моніторингу стану функціонування розподілених комп'ютерних систем. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2022. Т. 1 (67). С. 75–80. DOI:

10.26906/SUNZ.2022.1.075.
[9]. Prometheus Monitoring. URL: https://prometheus.io/docs/introduction/overview/
[10]. Vakaliuk, T., Antoniuk, D., Morozov, A., Medvedieva, M., Medvediev, M.: Green IT as a tool for design cloud-oriented sustainable learning environment of a higher education institution. In: Semerikov, S., Chukharev, S., Sakhno, S., Striuk, A., Osadchyi, V., Solovieva, V., Vakaliuk, T., Nechypurenko, P., Bondarenko, O., Danylchuk, H. (eds.) The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020). Kryvyi Rih, Ukraine, May 20-22, 2020. E3S Web of Conferences 166, 10013 (2020). DOI: 10.1051/e3sconf/202016610013.
[11]. Франчук В.М. Методика навчання інформатичних дисциплін в педагогічних університетах з використанням веб-орієнтованих систем: монографія. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2020. 434 с.

FEATURES OF USING INFORMATION TECHNOLOGY INFRASTRUCTURE MONITORING SYSTEMS IN THE TRAINING OF FUTURE INFORMATION TECHNOLOGY SPECIALISTS

Vasyl Franchuk

Abstract. The article examines the possibilities of applying information technology infrastructure monitoring systems in the training of future specialists in information technologies at higher education institutions. It is emphasized that in the context of the digital transformation of education, the development of distance and blended learning, as well as the increasing complexity of university IT infrastructures, the need for modern tools for controlling and managing technical resources is growing. It is substantiated that the use of IT infrastructure monitoring systems is not only a technological solution for ensuring the stable operation of servers, network equipment, or cloud services, but also an effective educational tool that enables learners to develop practical competencies necessary for professional activities in the field of information technologies. The article provides a comparative analysis of widely used monitoring systems – Nagios, Icinga, Prometheus, Grafana, and Zabbix – considering their technical capabilities, usability, potential for integration into the educational environment, and didactic effectiveness. It is shown that Zabbix is distinguished by its versatility, extensive set of agent-based and agentless data collection methods, advanced trigger and notification mechanisms, capabilities for dashboard creation, administration automation, and simulation of real-world operational scenarios. Attention is paid to the development of Zabbix-based learning environments for monitoring servers, containerized systems, virtualization platforms, data storage infrastructures, and network services. Examples of integrating Zabbix into educational disciplines such as “System Administration,” “Data Protection,” “Administration of Computer Systems and Networks,” and “Web-Oriented Educational Computer Systems” are presented, with an emphasis on fostering analytical thinking and practical skills in using industry-level tools. It is demonstrated that the implementation of Zabbix in the educational process contributes to improving the quality of professional training, develops learners’ ability to work with complex IT infrastructures, and ensures the integration of theoretical knowledge with practical activities in conditions closely resembling real industrial environments.

Keywords: monitoring, Zabbix, IT education, administration, cloud computing, educational technologies.

References (translated and transliterated)

[1]. Barros, J., Silva, A. Monitoring Strategies for Modern IT Infrastructures. Journal of Network Systems, 2021.
[2]. Lee, S. Open-Source Tools for IT Infrastructure Education. International Journal of Information Technologies, 2020.
[3]. Hrybovskyi, O. M., Orlov, M. V., Zhovnir, Yu. I., Duda, O. M. From Concept to Reality: The Role of DevOps Methodology in IoT Ecosystems. Scientific Notes of TNU named after V. I. Vernadsky: Technical Sciences Series. 2024. Vol. 35 (No. 6). UDC: 004.4:004.415:004.678:004.7:004.9. DOI: 10.32782/2663-5941/2024.6.2/22.
[4]. Yechkalo, Y. V., Tkachuk, V. V., Semerikov, S. O., Khotskina, S. M., Markova, O. M., Kravets, A. S. Developing Digital Competence in Computer Science Education: An Integrated Framework for Theory-Driven Pedagogical Innovation. Educational Dimension. 2024. DOI: 10.55056/ed.945
[5]. Zakharchenko, S. M., Supryhan, O. I. Fundamentals of Computer Network Administration Based on Windows OS. Vinnytsia: VNTU, 2008. 100 p.
[6]. Zabbix Documentation. Zabbix LLC. Available at: https://www.zabbix.com/documentation
[7]. Kmytsiak, V. M. Integrated Approaches to Automation, Monitoring, and Optimization of High-Load Database Performance: Bachelor Thesis / Volodymyr Mykolaiovych Kmytsiak. Lviv, National University "Lviv Polytechnic", 2024. 84 p.
[8]. Martovytskyi, V., Koltun, Y., Holubnychyi, D., Sukhoteplyi, V. Monitoring Technology of Distributed Computer Systems. Systems of Control, Navigation and Communication. 2022. Vol. 1 (67). P. 75–80. DOI: 10.26906/SUNZ.2022.1.075.

[9]. Prometheus Monitoring. [Online]. Available: https://prometheus.io/docs/introduction/overview/
[10]. Vakaliuk, T., Antoniuk, D., Morozov, A., Medvedieva, M., Medvediev, M. Green IT as a Tool for Designing Cloud-Oriented Sustainable Learning Environment of a Higher Education Institution. In: Semerikov, S., Chukharev, S., Sakhno, S., Striuk, A., Osadchyi, V., Solovieva, V., Vakaliuk, T., Nechypurenko, P., Bondarenko, O., Danylchuk, H. (eds.) The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020). Kryvyi Rih, Ukraine, May 20-22, 2020. E3S Web of Conferences 166, 10013 (2020). DOI: 10.1051/e3sconf/202016610013.
[11]. Franchuk, V. M. Methods of Teaching Informatics Disciplines in Pedagogical Universities Using Web-Oriented Systems: Monograph. Kyiv: NPU named after M.P. Drahomanov, 2020. 434 p.