

## ЗАВАДОСТІЙКИЙ КЛАСТЕР ДЛЯ ЗАДАЧ З ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Копитовський М.В.<sup>1</sup>, Павлов В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний авіаційний університет  
пр. Космонавта Комарова, 1, 03058, м. Київ  
m.kopytovskiy@gmail.com

<sup>2</sup>Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
пр. Перемоги, 37, 03056, м. Київ  
pavlovvg@ukr.net

У зв'язку з підвищення ролі екологічної безпеки у сучасних умовах виникає необхідність у здійсненні безперервного екологічного моніторингу та менеджменту. Цю функцію згідно Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» покладають на національну інформаційну систему охорони навколишнього природного середовища, як мережі загальнодержавної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації. Ця мережа будується на базі територіальних екологічних інформаційних центрів, до складу яких підключені автоматизовані інформаційно-аналітичні системи. Мета дослідження: підвищення завадостійкості інформаційно-аналітичних систем на основі Oracle Glassfish Open Server зі застосуванням балансувальника навантаження NGINX. Метод дослідження – попередній теоретичний аналіз та наступна практична реалізація. Об'єктом дослідження є процес побудови завадостійкої кластерної системи зі застосуванням сучасних технологій. Предмет дослідження – кластерна серверна система, яка забезпечує оптимальний розподіл ресурсів та за рахунок цього має підвищену надійність зберігання інформації та захищеність. Технічні та програмні засоби: Oracle Glassfish, NGINX. Отримані результати та їх новизна: кластерна система на базі Oracle Glassfish Open Server та балансувальника навантаження NGINX. Значущість виконаної роботи та висновки: визначена роль інформаційно-аналітичних систем у екологічному менеджменті, розглянути основні загрози інформації в комп'ютерних системах, проаналізовані основні види балансування навантаження у кластерних системах, на практиці реалізована завадостійка система з кластеру із 5-ти вузлів та балансування навантаження на базі NGINX, здійснено тестування завадостійкості кластеру шляхом почергового відключення серверів. Рекомендації щодо використання результатів: цю систему можна використовувати як складник інформаційної системи охорони навколишнього природного середовища. Галузь застосування та ступінь впровадження матеріалів досліджень: автоматизовані інформаційно-аналітичні системи територіальних екологічних інформаційних центрів. Прогнозовані припущення про розвиток об'єкту та предмету дослідження: можлива реалізація цієї системи у більших масштабах, додавання різноманітних додаткових систем таких, як хмарне сховище для збереження цілісності та доступності при «падінні» цієї мережі. *Ключові слова:* завадостійка система, Oracle Glassfish, NGINX, відмовостійкий кластер, балансувальник, навантаження.

**High availability cluster for environmental management tasks. Kopytovskiy M., Pavlov V.** Due to the increasing role of environmental safety in the current environment, there is a need for continuous environmental monitoring and management. According to the Law of Ukraine “On Environmental Protection”, this function is entrusted to the national environmental information system as a network of the national automated information and analytical system for providing access to environmental information. This network is built on the basis of territorial ecological information centers, which include automated information-analytical systems. Purpose of the study: Increase the high availability of Oracle Glassfish Open Server based information and analytics systems using NGINX load balancer. The research method is preliminary theoretical analysis and subsequent practical implementation. The object of the study is the process of building a high availability cluster system using modern technologies. The subject of the study is a clustered server system that provides optimal allocation of resources and has increased reliability of information storage and security. Hardware and Software: Oracle Glassfish, NGINX. The results obtained and their novelty: Oracle Glassfish Open Server cluster system and NGINX load balancer. Significance of work performed and conclusions: the role of information-analytical systems in environmental management is determined, the main threats of information in computer systems are considered, the main types of load balancing in cluster systems are analyzed, cluster interference by shutting down servers in turn. Recommendations for the use of results: This system can be used as part of the environmental information system. Field of application and degree of implementation of research materials: automated information-analytical systems of territorial ecological information centers. Estimated assumptions about the development of the object and object of the study: possible implementation of this system on a larger scale, the addition of various additional systems, such as cloud storage, to maintain the integrity and availability in the “downfall” of the network. *Key words:* High-Availability system, Oracle Glassfish, NGINX, High-Availability cluster, Load balancer.

**Постановка проблеми.** Протягом тисячоліть основним критерієм досконалості окремої держави або людства в цілому був рівень технічного розвитку. При цьому навколишня природа розглядалася суто як інструмент досягнення прогресу, як невичерпне джерело природних ресурсів, як комора, в яку потім

складувалися відходи людської діяльності. Це не могло продовжуватися вічно, і людство все частіше стало стикатися з тим, що порушення природного балансу починає діяти проти нього. Вирубка лісів, забруднення джерел питної води, викиди до атмосфери токсичних речовин – це лише частка наших

руйнівних дій по відношенню до природного середовища. Людство стало перед вибором: продовжувати залишатися гармонічною частиною екосистеми або вступити з нею в конфлікт, який би привів к його самознищенню.

На щастя, ми ще маємо час, хоча його і обмаль, щоб привести нашу діяльність до відповідності зі законами природи, на це спрямовані зусилля екологів як у світі, так і в Україні. З прийняттям Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [1] було введено поняття «екологічна безпека» та встановлені гарантії екологічних прав громадян, серед яких одним з головних є вільний доступ до інформації про стан навколишнього природного середовища, тобто екологічної інформації.

Для забезпечення цих гарантій визначені повноваження місцевих рад по здійсненню екологічного інформаційного забезпечення, а саме: створення та функціонування місцевих екологічних автоматизованих інформаційно-аналітичних систем. На ці системи також покладалися функції «збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень» [1], тобто проведення державного моніторингу навколишнього природного середовища.

Більш конкретні кроки по створенню національної інформаційної системи охорони навколишнього природного середовища були сформульовані у Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [2], де одним з основних принципів національної екологічної політики є доступність, достовірність та своєчасність отримання екологічної інформації. Саме ці властивості інформації повинна забезпечити будь-яка інформаційно-аналітична система (ІАС), яка є складовою системи екологічного менеджменту [3].

Основними функціями ІАС є:

- 1) аналітична обробка даних;
- 2) створення та управління базами даних;
- 3) обробка запитів, що надаються користувачами.

Для забезпечення цих функцій ІАС повинна мати наступні властивості:

- 1) проведення обробки інформації у реальному часі;
- 2) консолідація інформації у центрі обробки даних;
- 3) оптимізація рішення за певними критеріями;
- 4) стійкість по відношенню до зовнішніх завад.

Для того, щоб забезпечити останню властивість, яка пов'язана з необхідністю своєчасного отримання доступної та достовірної екологічної інформації потрібно здійснити аналіз можливих загроз інформації в комп'ютерних системах та підвищення завадостійкості серверів.

Насамперед, це добре відомі різновиди атак типу «відмова в обслуговуванні». Подібна загроза особливо небезпечна в ситуаціях, коли затримка з наданням ресурсів мережі абоненту може привести до тяжких для нього наслідків. Наприклад, відсутність у абонента даних, необхідних для прийняття рішень може бути причиною його нераціональних або неоптимальних дій.

Крім того, останні тенденції показують на появу нових типів атак – прихованих атак. В цьому випадку підконтрольні атакуючому комп'ютери отримують доступ до цільового сервісу на цілком законних підставах (наприклад відвідують веб-сайт компанії) і завантажують канал ресурсоемними операціями (атака погіршення якості) або в певний момент «вибухають» беззмистовним трафіком, що ставить перед системами захисту нові нетривіальні задачі виявлення і протидії.

**Виклад основного матеріалу.** Завадостійкість кластеру забезпечується за рахунок розподілення обслуговування запитів від користувачів інтернет-ресурсів між серверами у режимі резервування. Якщо внаслідок атак доступ до ресурсів одного або навіть декількох серверів стане тимчасове неможливим, то навантаження буде розподілено між тими серверами, що залишаються в робочому стані. Основну роль в цьому розподілі відіграє балансувальник навантаження.

Балансувальники навантаження управляють потоком інформації між сервером і кінцевим пристроєм (ПК, ноутбук, планшет або смартфон). При цьому неважливо, йде мова про локальний сервер або про сервер у дата-центрі або у загальнодоступній хмарі, реалізований він у вигляді фізичного серверу або віртуалізованого. Балансувальник навантаження дозволяє серверам ефективно перемішувати дані, запобігає їхньому перевантаженню та оптимізує використання ресурсів доставки додатків. Балансувальники також проводять постійні перевірки працездатності серверів, щоб терміново здійснити видалення неробочих серверів з пулу, поки вони не будуть відновлені. Деякі балансувальники навантажень навіть запускають створення нових віртуалізованих серверів прикладних програм, щоб впоратися зі збільшенням попиту [4].

Існує багато методів балансування навантаження з використанням різних алгоритмів для застосування у кожній конкретній ситуації:

- Найменший спосіб підключення спрямовує трафік до сервера з найменшими активними з'єднаннями. Найбільш корисно, коли в трафіку є нерівномірно розподілений між серверами велика кількість стійких з'єднань.
- Метод найменшого часу відгуку спрямовує трафік на сервер із найменшими активними з'єднаннями та найменшим середнім часом відгуку.
- Метод Round Robin обертає сервери, спрямовуючи трафік на перший доступний сервер, а потім

переміщує цей сервер до нижньої черги. Найбільш корисно, коли сервери мають однакові характеристики та не існує багато стійких з'єднань.

– IP Hash – IP-адреса клієнта визначає, який сервер отримує запит.

Для перевірки стійкості серверів до впливу атак був розгорнутий тестовий полігон з кластером у складі п'яти робочих серверів GF1 – GF5 та сервером з балансувальником навантаження. При цьому використовувалися комп'ютери з наступними характеристиками:

#### **Сервери: GF1 – GF5**

Процесор: AMD A8-3870K  
Оперативна пам'ять: 4xKingston DDR3-1866 8192MB  
Операційна система: Windows Server 2012 R2

#### **Сервер з балансувальником: NGINX LOAD BALANCER**

Процесор: AMD A8-3870K  
Оперативна пам'ять: 1xKingstonDDR3-18664096MB  
Операційна система: Ubuntu Server 18.04.2

NGINX – це відомий багатофункціональний веб-сервер, який крім балансування навантаження може використовуватися як зворотний проксі, поштовий проксі та кеш HTTP. Безперечною перевагою NGINX є відкритий код та умови безкоштовного розповсюдження.

Процес встановлення та конфігурації NGINX на Ubuntu Server описаний достатньо детально [5], тому зупинимось на сутності процесу тестування. Воно полягало у тому, що шляхом почергового вимкнення серверів імітувалися наслідки атак, що призвели до їхньої непрацездатності. Внаслідок цього запити користувачів будь-якого додатку, який був розгорнутий на непрацездатному сервері, за допомогою балансувальника автоматично перенаправлялися на інший працездатний сервер кластеру. Таким чином, за допомогою динамічного резер-

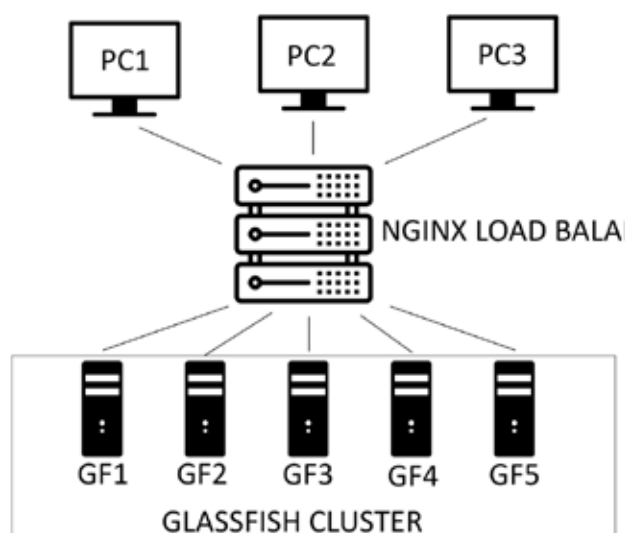


Рис. 1. Схема кластеру

вування підвищується завадостійкість кластеру, а користувач отримує більш надійний доступ до ресурсів інформаційно-аналітичної системи з екологічного менеджменту.

У балансувальнику NGINX використовувався алгоритм Round Robin, реалізований за допомогою блокуючого кінцевого автомату [6].

На рис. 2 та рис. 3 проілюстровані результати цього тестування. У розгорнутому кластері для наочності з самого початку були вимкнуті сервера GF3, GF4 та GF5. Далі з тих двох серверів, що залишилися у працездатному стані, по черзі вимикається то перший – GF1 (рис. 1), то другий – GF2 (рис. 2).

Запит від користувача на доступ до певного додатку направляється до серверу з балансувальником навантаження з IP-адресою 192.168.56.103, який вже самостійно вирішує задачу з перенаправлення цього запиту до одного з працездатних серверів (GF1 або GF2). Як бачимо у рядку з назвою

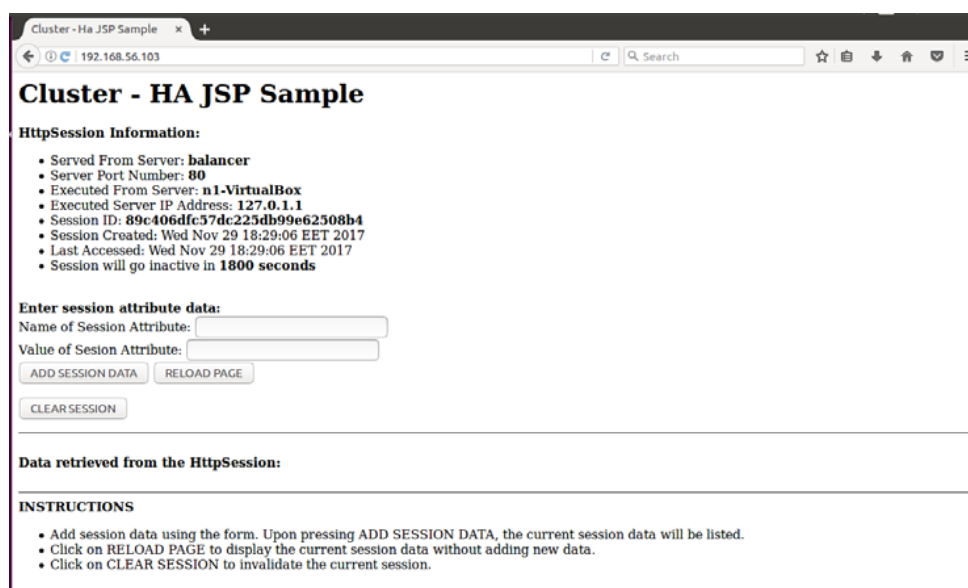


Рис. 2. Перенаправлення запиту на другий сервер

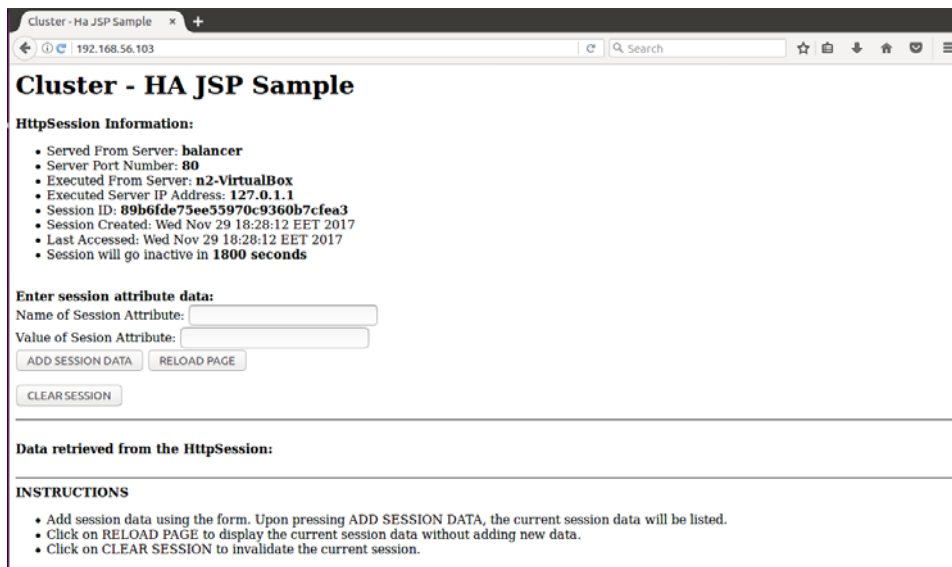


Рис. 3. Перенаправлення запиту на перший сервер

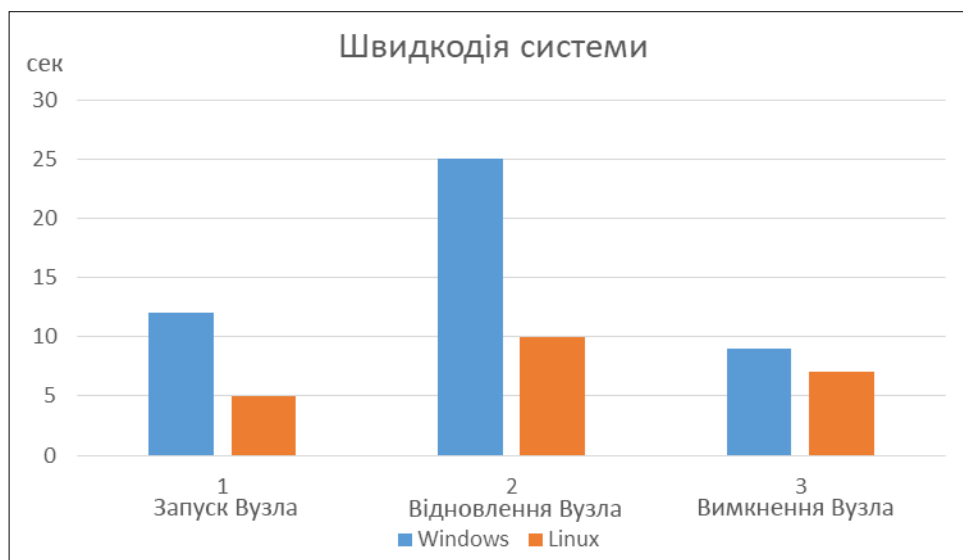


Рис. 4. Порівняння швидкодії вузла Glassfish на Windows Server та Ubuntu

“Executed From Server” вказано, який саме сервер зараз обслуговує цей запит. Таким чином, за допомогою використання у кластері балансувальника навантаження його серверних вузлів користувач отримує надійний доступ до інформації, якщо у працездатному стані залишається хоча б один із серверів.

У другому експериментальному дослідженні з'ясовувався вплив вибору операційної системи, на якій побудований серверний вузол Glassfish, на його швидкодію та час відновлення. Для тестування були обрані операційні системи Windows Server та Linux Ubuntu. За результатами експериментальних досліджень, які представлені на рис. 4, можна побачити, що вузол Glassfish, розгорнутий на основі Linux Ubuntu, має більшу швидкодію та менший час відновлення.

Таким чином, експериментально доведено, що при розгортанні серверних вузлів Glassfish

на Linux Ubuntu отримуємо більш продуктивну інформаційно-аналітичної системи з екологічного менеджменту.

**Головні висновки.** Визначена роль інформаційно-аналітичних систем у екологічному менеджменті. Розглянуто основні загрози інформації в комп'ютерних системах. Проаналізовані основні види балансування навантаження у кластерних системах.

На практиці реалізована заводостійка система з кластеру із 5-ти вузлів та балансуванням навантаження на базі NGINX. Здійснено тестування заводостійкості кластеру шляхом почергового відключення серверів. Експериментально доведено більшу продуктивність розгортання вузлів Glassfish на базі Linux Ubuntu.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Рекомендації щодо використання результатів: цю систему можна використовувати як склад-

ник інформаційної системи охорони навколишнього природного середовища.

Галузь застосування та ступінь впровадження матеріалів досліджень: автоматизовані інформаційно-аналітичні системи територіальних екологічних інформаційних центрів.

Прогнозовані припущення про розвиток об'єкту та предмету дослідження: можлива реалізація цієї системи у більших масштабах, додавання різноманітних додаткових систем таких, наприклад хмарне сховище для збереження цілісності та доступності при «падінні» мережі.

#### Література

1. Про охорону навколишнього природного середовища. Закон України від 26 червня 1991 № 1268-XII / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 1991. № 41. ст. 546. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 23.09.2019).
2. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28 лютого 2019 № 2699-VIII / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2019. № 16. Ст. 70. URL: <https://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2697-19> (дата звернення: 23.09.2019).
3. Нестеров А.К. Информационно-аналитические системы. URL: <http://odiplom.ru/lab/informacionno-analiticheskie-sistemy.html> (дата звернення: 23.09.2019).
4. Learn All about Load Balancers. URL: <https://avinetworks.com/what-is-load-balancing/> (дата звернення: 25.09.2019).
5. NGINX Configuration. URL: [http://nginx.org/ru/docs/http/nginx\\_http\\_proxy\\_module.html](http://nginx.org/ru/docs/http/nginx_http_proxy_module.html) (дата звернення: 27.09.2019).
6. Owen Garrett. Inside NGINX: How We Designed for Performance NGINX & Scale. URL: <https://www.nginx.com/blog/inside-nginx-how-we-designed-for-performance-scale/> (дата звернення: 28.09.2019).