

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

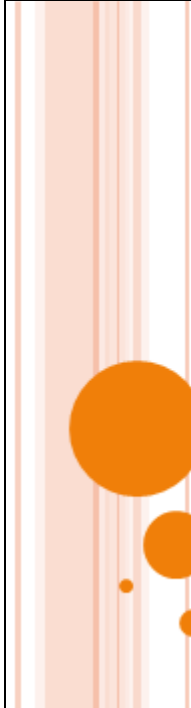
Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра електронних обчислювальних машин

**Метод підвищення продуктивності
вебзастосунків
з використанням WAF**

Кваліфікаційна робота
Перший (бакалаврський) рівень

Виконала: здобувачка групи КІУКІ-21-5
Корякіна Анастасія Михайлівна

Керівник: ас. кафедри ЕОМ
Чепурна Ірина Сергіївна



Мета роботи

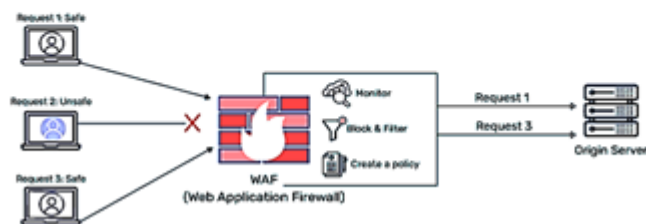
- Мета роботи полягає в розробці методу підвищення продуктивності вебзастосунків з використанням WAF, який забезпечує мінімізацію затримок в умовах динамічної зміни навантаження.

Актуальність роботи

- Зростання кількості кібератак на вебзастосунки
- Поширення складних та цільових атак (SQLi, XSS, DoS)
- Необхідність захисту даних користувачів
- Недостатність традиційних засобів безпеки
- Підвищення вимог до стабільності та доступності сервісів

3

Типи фаєрволів вебзастосунків (WAF)

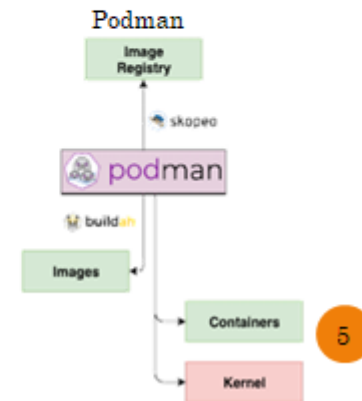
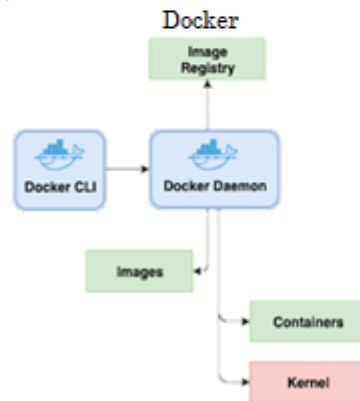
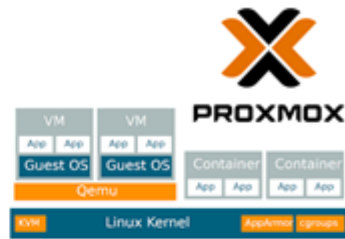


Типи WAF	переваги	недоліки
На апаратній основі	Висока продуктивність, спеціальне обладнання	Висока вартість, складне налаштування, значне споживання ресурсів
На основі програмного забезпечення	Гнучкість, економічність	Можуть знижувати продуктивність
Хмарні	Простота налаштування, масштабованість	Накладні витрати, залежність від постачальника послуг

4

Контейнеризація

- Портативність
- Ефективне використання ресурсів
- Швидке розгортання та масштабування
- Простота адміністрування
- Ізоляція



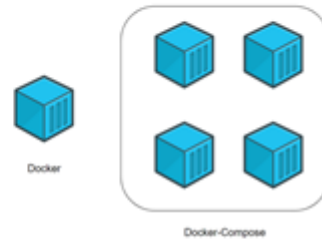
5

Методи забезпечення продуктивності вебзастосунків

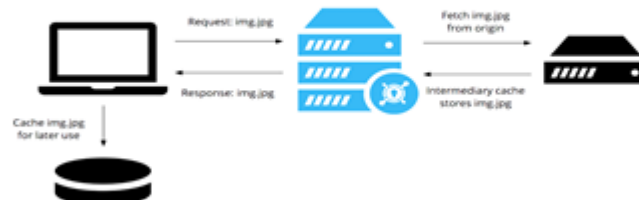
✓ Балансування навантаження



✓ Масштабування

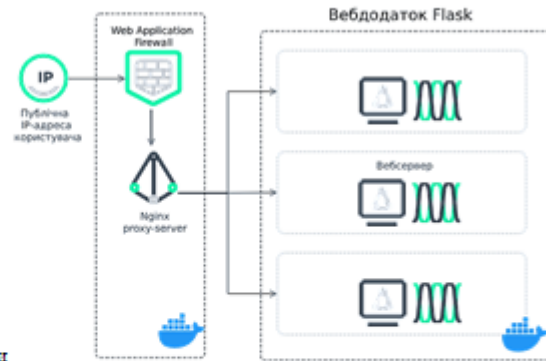


✓ Кешування



6

Побудова вебзастосунку з використанням WAF



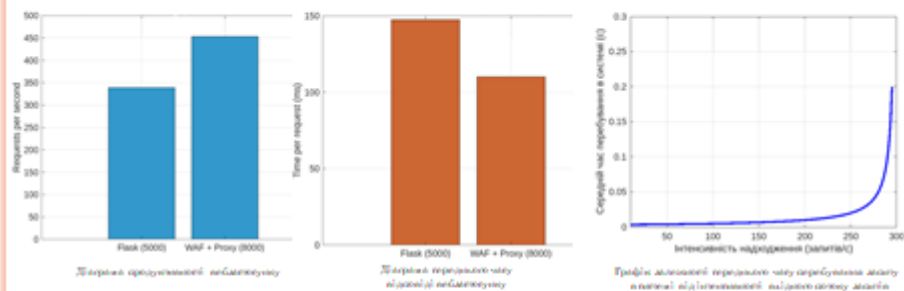
Тестування на шкідливі запити

```

root@ubuntu:~/waf-nginx-proxy# curl -s -O - "http://example.com/page?id=1" OR "1"="1" -o
- | awk 'NR==5 {print} END {print "HTTP_CODE:", code} /HTTP/[0-9]-/ {[-9]{3}}/ {[-9
-]{3}}/ {code=52}'
HTTP/1.1 503 Service Unavailable
Date: Mon, 13 Jan 2025 20:11:28 GMT
Content-Type: text/html
Content-Length: 378
Cache-Control: max-age=0
HTTP_CODE:
root@ubuntu:~/waf-nginx-proxy# curl -s -O - "http://example.com/search?script=alert(1
|&script=" -o - | awk 'NR==5 {print} END {print "HTTP_CODE:", code} /HTTP/[0-9]-/ {[-9
-]{3}}/ {code=52}'
HTTP/1.1 404 Not Found
Accept-Ranges: bytes
Content-Type: text/html
ETag: "84238dfc8892e5d9c8acde793371a87:1736799886.121134"
Last-Modified: Mon, 13 Jan 2025 20:11:28 GMT
HTTP_CODE:
root@ubuntu:~/waf-nginx-proxy#
  
```

7

Результати тестування вебзастосунку з використанням WAF



Показник	Flask	WAF + Proxy	Модель M/M/1
Коефіцієнт завантаження системи	0.5000	0.5294	0.5556
Середня кількість запитів у системі	1000	1125	1250
Середній час перебування в системі, с	0.0029	0.0025	0.0022
Середня кількість запитів у черзі	0.5000	0.5956	0.6944
Середній час очікування в черзі, с	0.0015	0.0013	0.0013

8

Тези доповіді
до XV Міжнародної науково-технічної конференції
«Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій
та засобів управління»

<p>ІНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВНО АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОСТЕХНОЛІГІЧНИЙ ІНСТИТУТ" ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНИКИ НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ АВАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ" УНІВЕРСИТЕТ МІСТА ЖИТІНА</p> <hr/> <p>СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ</p> <p>Тези доповідей п'ятнадцятої міжнародної науково-технічної конференції 24 – 25 квітня 2025 року Том 3, секції 3, 4</p> <p style="font-size: small;">Вопы - Харків - Житіно - 2025</p>	<p>Стаття 4 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБЗАСТОУНКА І ВИКОРИСТАННЯ WAF</p> <p style="text-align: center;">Курман А.М., Чигрина І.С. Харківський національний університет радіоелектроніки</p> <p>Актуальним питанням вебзастосунків є оптимізація швидкості роботи серверів та надійності роботи з користувачами, забезпечення швидкого доступу до даних та інформаційних ресурсів. Відомо, що процесом кілометру вебзастосунків є процесом кілометру швидкості роботи серверів, спрямованим на оптимізацію доступу до даних користувачів та інформаційних ресурсів [1].</p> <p>Для оптимізації швидкості вебзастосунків та надійності роботи серверів дані аналізуються інформаційною системою (ІС), яка з'являється процесом кілометру WAF. ІС має можливість динамічно адаптуватися до змін у трафіку, забезпечуючи оптимальну роботу серверів [2]. Однак, можливість використання процесу фільтрації трафіку може призвести до збільшення затримки при обробці запитів, що впливає на швидкість роботи серверів та сприяє збільшенню затримки, особливо в умовах високого трафіку або великої кількості запитів.</p> <p>Метою статті є розробка методу підвищення продуктивності вебзастосунків шляхом застосування WAF з використанням алгоритму оптимізації.</p> <p>У статті представлено нову методику і техніку оптимізації продуктивності вебзастосунків, засновану на використанні процесу-сервера [3], оптимізації серверної інфраструктури для оптимізації швидкості, а також на використанні процесу фільтрації трафіку для оптимізації швидкості та надійності роботи серверів.</p> <p style="text-align: center;">Список літератури</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kurman, A. M., et al. "Методи вебзастосунків та серверів" / Додаток Харківського національного технічного університету радіоелектроніки. 2. Latham, V., Wilson, B., Smith, V., Wilson, A., Kozlov, D., Storch, T. (2015) WAF impact on network latency in production. 2015. IEEE/ACM Symposium on Cloud Computing, 1-10. doi: 10.1109/SCC.2015.10. 3. Kurman, A. M. "Методи вебзастосунків та серверів" / Додаток Харківського національного технічного університету радіоелектроніки. 2025. № 3. С. 1-10.
---	---

9

Висновки

В процесі виконання кваліфікаційної роботи було досягнуто основну мету – розроблено метод підвищення продуктивності вебзастосунку з використанням WAF, що дозволяє зменшити затримки під час обробки великої кількості запитів і забезпечити належний рівень захисту від сучасних кіберзагроз.

Результати експериментального тестування свідчать, що запропонована архітектура з використанням WAF в поєднанні з реверсним проксі-сервером демонструє на 26% вищу ефективність порівняно з базовим варіантом, особливо за умов високого навантаження. Для підвищення рівня безпеки було впроваджено набір правил фільтрації вхідного трафіку, що дозволяють забезпечити належний рівень безпеки ресурсів вебзастосунку.

10

ДОДАТОК Б

Тези доповіді

до XV Міжнародної науково–технічної конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно–комунікаційних технологій та засобів управління»

**ІНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
МНО АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"
УНІВЕРСИТЕТ МІСТА ЖИЛІНА**

**СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ
УПРАВЛІННЯ**

**Тези доповідей п'ятнадцятої міжнародної
науково-технічної конференції**

24 – 25 квітня 2025 року

Том 3: секції 3, 4

Баку – Харків – Жиліна – 2025

функціонування захищеного сегмента корпоративної мережі демонструє високий рівень конфіденційності, цілісності та доступності даних, а також ефективність автентифікації та контролю доступу на основі ролей і привілеїв користувачів. Подальші дослідження в цьому напрямі спрямовані на оптимізацію використання обчислювальних ресурсів в умовах підвищених вимог до безпеки та захисту даних, зменшення затримок при доступі до ресурсів, що сприяє підвищенню якості обслуговування користувачів та зниженню навантаження на корпоративну інфраструктуру.

Список літератури

1. New Microsoft guidance for the CISA Zero Trust Maturity Model | Microsoft Security Blog. Microsoft Security Blog. URL: <https://www.microsoft.com/>
2. Tsai M., Lee S., Shieh S. W. Strategy for implementing of zero trust architecture //IEEE Transactions on Reliability. – 2024. – Т. 73. – №. 1. – С. 93-100.
3. Ткачов В. М., Чепурна І. С., Фесенко Т. Г. Метод мультирівневого урп-тунелювання для забезпечення віддаленого доступу до вузлів екстранет-мережі // Вісник Херсонського НТУ. – 2024. – №. 3 (90). – С. 299-308.

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБЗАСТОСУНКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ WAF

Корякіна А.М., Чепурна І.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Активне впровадження вебдодатків сприяє розвитку бізнес-процесів та покращенню взаємодії з користувачами, забезпечуючи зручний доступ до послуг та інформаційних ресурсів. Водночас зі зростанням кількості вебресурсів пропорційно зростає масштаб і складність кібератак, спрямованих на несанкціонований доступ до даних користувачів та компрометацію інформаційних систем [1]. Для ефективного захисту вебдодатків та мінімізації ризиків компрометації даних використовуються вебскрани захисту додатків (WAF). Однією з основних переваг використання WAF є його здатність динамічно адаптуватися до змін у трафіку, забезпечуючи гнучкість у виявленні та блокуванні атак [2]. Однак, складність налаштування правил фільтрації трафіку може призвести до збільшення затримок при обробці запитів, що збільшує навантаження на вебсервери та сповільняє швидкість обробки запитів, особливо в умовах високого трафіку або складних правил фільтрації.

Метою доповіді є розробка методу підвищення продуктивності вебдодатків шляхом інтеграції WAF з механізмом балансування навантаження.

У доповіді представлено огляд методів і технологій оптимізації продуктивності вебдодатків, зокрема через використання проксі-серверів, організації кластерної інфраструктури для обслуговування запитів, в поєднанні з застосуванням правил фільтрації трафіку для зниження навантаження на основні сервери та оптимізації обробки даних.

Список літератури

1. Боскін, О. О. "Безпека веб-додатків та хакерські атаки", *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 3 (86) (2023): 83-92.
2. Lakhno, V., Husiev, B., Smolii, V., Blozva, A., Kasatkin, D., & Osypova, T. (2021). WAF захист у внутрішніх сервісах у структурі ZERO TRUST. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, 1(13), 81–91. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.13.8191>

ВИКОРИСТАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ МЕТОДІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ В СИСТЕМАХ ГОЛОСОВОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

Бондаренко М.Е., Івашенко Г.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Створення універсальних систем голосової ідентифікації потребує ретельного аналізу голосових сигналів та їх акустичного середовища, враховуючи вплив фонового шуму, реверберації та інших викривлень [1]. Для підвищення точності аналізу аудіосигналів застосовується попередня обробка, що спрямована на мінімізацію впливу шумових завад. Методи обробки поділяються на статичні та динамічні, які застосовуються залежно від специфіки мовного сигналу та умов його запису [2]. Вибір відповідного методу є критичним, оскільки він безпосередньо впливає на якість сигналу та точність подальшого розпізнавання.

Метою дослідження є аналіз ефективності методів попередньої обробки мовних записів для покращення роботи систем голосової ідентифікації. Проведено аналіз впливу різних типів шумових завад та методів їх пригнічення, що дозволило визначити оптимальні підходи для зменшення впливу небажаних факторів. Особливу увагу приділено порівнянню алгоритмів обробки сталого та динамічного шуму, що є одними з основних джерел викривлення мовних сигналів.

Запропонований двоступеневий підхід до пригнічення шуму включає обробку як сталого, так і динамічного шуму, що дозволяє значно підвищити якість мовного сигналу та точність ідентифікації користувачів. Результати дослідження підтверджують високу ефективність запропонованого методу, подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію алгоритмів обробки та їх адаптацію до реальних умов функціонування системи.

Список літератури

1. Бондаренко М.Е. Вплив рівня знання мови на надійність голосової ідентифікації / Максим Едуардович Бондаренко. // 11 МНТК «Проблеми інформатизації». – Баку – Харків, 2023 р. – С. 56. DOI: <https://doi.org/10.32620/PI.24.t2>.
2. Г.С. Івашенко. Методи рішення задачі комівояжера на основі обчислювального інтелекту / Г. С. Івашенко, О. І. Оніщенко, М. Е. Бондаренко, Н. В. Здорик // Системи управління, навігації та зв'язку.– Полтава: ПНТУ, 2024. – Т. 2 (76). – С. 99-105. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.2.099>.

УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ (секції 3, 4)

Agayeva U.H. 62	Барковська О.Ю. 23	В'юхін Д.О. 92
Balagura D.S. 64	..... 24	..... 94
Brygina I.V. 10	..... 25	..... 96
..... 14	..... 26	Васильєв О.Ю. 40
Haqverdiyeva Z.H. .. 62	..... 27	Велікан В.О. 57
Hrinenko T.O. 65	..... 28	Власов А.В. 94
Lukin V.V. 10	..... 45	Волк М.О. 35
..... 14	..... 46	Волощук О.Б. 53
..... 16	Безродний Є.С. 127	..... 57
..... 18	Блінна В.С. 82	В'юхін Д.О. 83
Makarichev V.O. 10	Бондаренко М.Е. 131	Гаврашенко А.О. 123
..... 14	..... 132	..... 124
Nadtochyi M.M. 64	Ботнар П.Д. 125	..... 22
Ovdiyuk E. 12	Буканов І.В. 135	Гапиченко А.М. 73
Rebrov V.S. 16	Булгаков Р.І. 38	Голобородько Ю.М. 90
Telnova A.A. 65	Буряк В.А. 24	..... 91
Tsekhmystro R.V. 18	Бухарова Л.Д. 26	Головко Є.В. 112
Аврунін О.О. 23	В'юхін Д.О. 82	Головченко О.С. 24
Антіпов І.Є. 99	..... 83	Горчаненко С.О. 6
Бабаніна А.О. 51	..... 84	Грасмік С.В. 66
Баєв І.С. 53	..... 86	Гріненко Т.О. 69
Балабанов Р.М. 137	..... 87	..... 70
Балагура Д.С. 76	..... 88	..... 71
..... 77	..... 89	Грінь Д.В. 52
..... 78	..... 90	Гур'єва К.В. 32
..... 79	..... 91	Гущин Б.-Д.І. 114

Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління

Демиденко Д.В.	58	Колобаєв Н.М.	61	Малярова Д.М.	69
Дмитренко В.	55	Коломицев А.Р.	84	Мамчич О.О.	35
Дуднік Д.О.	30	Колтун Ю.М.	58	Медведев М.І.	21
Євгенєв А.М.	107	Корнієнко В.Р.	128	Мельникова О.А. ...	66
Єнальєва Г.С.	105	Корякіна А. М.	130	.....	68
Єрошенко О.А.	126	Костін А.О.	25	Мизюра М.С.	7
.....	136	Красія М.М.	39	Мірза Д.С.	50
.....	137	Кривицький А.О. ...	36	Мокрії В.С.	94
.....	31	Кривонос П.Р.	33	Мороз А.В.	134
Жигалка М.І.	49	Крикливець В.В.	48	.....	47
Заболотний В.І.	72	Кулик Ю.О.	120	Москвіна О.Л.	136
.....	73	Кустов А.К.	72	Наконечний М.В. ...	84
.....	74	Ларченко Л.В.	39	.....	85
.....	75	.....	42	.....	86
Зінов'єв А.В.	134	Левандовський О.С.	74	.....	88
Знайдюк В. Г.	53	Левчук Д.Д.	34	Нарежній О.П.	69
Іващенко Г.С.	131	Леонова А.О.	96	Настенко А.О.	101
Іващенко Г.С.	132	Літвін О.О.	88	.....	102
Іващенко І.В.	83	Лук'яненко М.С.	96	Нечітайло О.В.	123
Калмиков А.В.	9	Луценко В.І.	103	Недельніцев І.В.	99
Калмикова К.А.	9	Любчик В.О.	129	Ніконенко Д.В.	90
Канцір Р.Б.	20	Ляшенко Г.Є.	32	Новік Т.О.	92
Касянчук Д.І.	138	.....	33	Олефір А.В.	42
Келеберда П.О.	47	.....	34	Олефір М.О.	31
Кібіреєв Д.О.	109	.....	38	Олешко І.В.	103
Клімова І.М.	59	.....	50	Олійник Е.В.	68
.....	60	.....	52	Острижна Є.С.	121
.....	61	Ляшенко О.С.	57	Переметчик Д.О.	119
Коваленко А.А.	51	Ляшко М.С.	91	Пліщенко В.С.	101

ДОДАТОК В

Результати тестування продуктивності вебзастосунку

```

nana@ubuntu:~$ ab -n 1000 -c 50 http://127.0.0.1:5000/
This is ApacheBench, Version 2.3 <$Revision: 1843412 $>
Copyright 1996 Adam Twiss, Zeus Technology Ltd, http://www.zeustech.net/
Licensed to The Apache Software Foundation, http://www.apache.org/

Benchmarking 127.0.0.1 (be patient)
Completed 100 requests
Completed 200 requests
Completed 300 requests
Completed 400 requests
Completed 500 requests
Completed 600 requests
Completed 700 requests
Completed 800 requests
Completed 900 requests
Completed 1000 requests
Finished 1000 requests

Server Software: Werkzeug/0.16.1
Server Hostname: 127.0.0.1
Server Port: 5000

Document Path: /
Document Length: 28 bytes

Concurrency Level: 50
Time taken for tests: 2.951 seconds
Complete requests: 1000
Failed requests: 0
Total transferred: 183000 bytes
HTML transferred: 28000 bytes
Requests per second: 338.83 [#/sec] (mean)
Time per request: 147.568 [ms] (mean)
Time per request: 2.951 [ms] (mean, across all concurrent requests)
Transfer rate: 60.55 [Kbytes/sec] received

Connection Times (ms)
      min  mean[+/-sd] median  max
Connect:    0     0   0.3      0    2
Processing:  3   143  29.8   147   202
Waiting:    3   142  29.8   146   202
Total:      6   143  29.6   147   202

Percentage of the requests served within a certain time (ms)
 50%    147
 66%    157
 75%    163
 80%    165
 90%    179
 95%    182
 98%    185
 99%    187
100%    202 (longest request)

```

Рисунок Д.1 – Результати тестування вебзастосунку з підвищеним навантаженням без використання WAF та зворотного проксі-серверу

```

nana@ubuntu:~$ ab -n 1000 -c 50 http://127.0.0.1:8000/
This is ApacheBench, Version 2.3 <$Revision: 1843412 $>
Copyright 1996 Adam Twiss, Zeus Technology Ltd, http://www.zeustech.net/
Licensed to The Apache Software Foundation, http://www.apache.org/

Benchmarking 127.0.0.1 (be patient)
Completed 100 requests
Completed 200 requests
Completed 300 requests
Completed 400 requests
Completed 500 requests
Completed 600 requests
Completed 700 requests
Completed 800 requests
Completed 900 requests
Completed 1000 requests
Finished 1000 requests

Server Software: Werkzeug/3.1.3
Server Hostname: 127.0.0.1
Server Port: 8000

Document Path: /
Document Length: 28 bytes

Concurrency Level: 50
Time taken for tests: 2.204 seconds
Complete requests: 1000
Failed requests: 0
Total transferred: 202000 bytes
HTML transferred: 28000 bytes
Requests per second: 453.63 [#/sec] (mean)
Time per request: 110.221 [ms] (mean)
Time per request: 2.204 [ms] (mean, across all concurrent requests)
Transfer rate: 89.49 [Kbytes/sec] received

Connection Times (ms)
          min  mean[+/-sd] median  max
Connect:    0     0   0.4      0     3
Processing: 16   108  13.7    109   136
Waiting:    3    96   13.7     97   124
Total:     16   108  13.5    109   138

Percentage of the requests served within a certain time (ms)
 50%    109
 66%    115
 75%    117
 80%    118
 90%    120
 95%    123
 98%    127
 99%    129
100%    138 (longest request)

```

Рисунок Д.2 – Результати тестування вебзастосунку з підвищеним навантаженням з використанням WAF та зворотного проксі-серверу

ДОДАТОК Г

Лістинг коду розрахунку показників моделювання

```

% Параметри
mu = 1000; % Інтенсивність обслуговування (зап/с)

% Діапазон значень інтенсивності надходження запитів
lambda_values = linspace(1, mu * 0.99, 100);

% Ініціалізація масиву для середнього часу в системі
W_values = zeros(size(lambda_values));

% Обчислення W для кожного значення  $\lambda$ 
for i = 1:length(lambda_values)
    lambda = lambda_values(i);
    rho = lambda / mu;

    % Перевірка стійкості
    if rho >= 1
        W_values(i) = Inf; % Для нестійких випадків
    else
        W_values(i) = 1 / (mu - lambda);
    end
end

% Побудова графіка
figure;
plot(lambda_values, W_values, 'b', 'LineWidth', 2);
xlabel('Інтенсивність надходження \lambda (запитів/с)');
ylabel('Середній час перебування в системі W (с)');
grid on;

lambda = 100000 / 180; % Конкретне значення  $\lambda$ 
rho = lambda / mu;

if rho >= 1
    error('Система нестійка');
end

% Розрахунки показників ефективності
L = rho / (1 - rho);
W = 1 / (mu - lambda);
W_q = lambda / (mu * (mu - lambda));
L_q = rho^2 / (1 - rho);

% Виведення результатів
fprintf('Результати СМО М/М/1\n');
fprintf('Інтенсивність надходження ( $\lambda$ ): %.2f зап/с\n', lambda);
fprintf('Інтенсивність обслуговування ( $\mu$ ): %.2f зап/с\n', mu);
fprintf('Коефіцієнт завантаження ( $\rho$ ): %.4f\n', rho);

```

```
fprintf('Середня кількість заявок у системі (L): %.4f\n', L);  
fprintf('Середній час перебування в системі (W): %.4f с\n', W);  
fprintf('Середня кількість у черзі (Lq): %.4f\n', L_q);  
fprintf('Середній час в черзі (Wq): %.4f с\n', W_q);
```