

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal
Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2024 Issue: 12 Volume: 140

Published: 26.12.2024 <http://T-Science.org>

Issue

Article



Maksim Antonenko
 Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
 Bachelor

Anatoliy Sergeev
 Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
 Candidate of Engineering Sciences, Docent

TESTING THE SPEED OF EXECUTING ARITHMETIC OPERATIONS WITH INTEGER AND REAL NUMBERS IN A DOCKER CONTAINER AND ON THE HOST OPERATING SYSTEM

Abstract: The paper is devoted to the study of the performance of arithmetic operations with integers and real numbers in a docker container and directly on the host. The test results and their analysis are also provided.

Key words: Windows, Linux, Docker, container, virtualization.

Language: Russian

Citation: Antonenko, M., & Sergeev, A. (2024). Testing the speed of executing arithmetic operations with integer and real numbers in a docker container and on the host operating system. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 12 (140), 343-353.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-12-140-42> **Doi:** <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.12.140.42>

Scopus ASCC: 1701.

ТЕСТИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ С ЦЕЛЫМИ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМИ ЧИСЛАМИ В КОНТЕЙНЕРЕ DOCKER И НА ХОСТЕ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Аннотация: Статья посвящена исследованию производительности арифметических операций с целыми и действительными числами в докер контейнере и непосредственно на хосте. Также приведены результаты тестирования и их анализ.

Ключевые слова: Windows, Linux, Docker, контейнер, виртуализация.

Введение

В условиях стремительного развития технологий и увеличения объемов обрабатываемых данных оптимизация производительности программного обеспечения стала одной из ключевых задач для разработчиков и системных администраторов. Арифметические операции, являясь основой большинства вычислительных процессов, требовали особого внимания, особенно в контексте различных операционных систем и контейнеризации.

В данной статье было проведено тестирование скорости выполнения арифметических операций с целыми и действительными числами в средах Linux и

Windows, а также в контейнерах, работающих на этих операционных системах.

Контейнеризация представляет собой метод виртуализации, который позволяет изолировать приложения и их зависимости в легковесные, переносимые контейнеры. Docker, как одна из самых популярных платформ для контейнеризации, предоставляет инструменты для создания, развертывания и управления контейнерами. Контейнеры Docker используют образы, которые представляют собой статические файлы, содержащие все необходимые компоненты для запуска приложения, включая код, библиотеки, зависимости и настройки [1-4].

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

Технология Docker основана на использовании ядра операционной системы для создания изолированных сред, что позволяет запускать несколько контейнеров на одном хосте без необходимости в полной виртуализации. Каждый контейнер работает в своем собственном пространстве, что обеспечивает безопасность и независимость приложений [5].

I. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Для сравнительного анализа использовались три компьютера со следующими конфигурациями:

PC1. Intel core i5-3570 (4 core without HT), 16 GB RAM, 260 GB SSD, OS Windows 10

PC2. Intel core i7-8700 (6 core with HT), 32 GB RAM, 250 GB SSD, OS Debian Linux

PC3. Intel core i7-12700 (6 core with HT), 64 GB RAM, 1 TB SSD, OS Astra Linux

На всех машинах использовался код, написанный на языке C++ и собранный компилятором g++. Код приложения представлен ниже:

```
#include <iostream>
#include <chrono>
#include <cmath>
int main() {
    auto start_time = std::chrono::steady_clock::now();
    for (int i=0; i < 10000000; i++) {
        std::sin(3);
        std::exp(3.0);
        std::sqrt(1024.0);
    };
    auto end_time = std::chrono::steady_clock::now();
    auto elapsed_ns = std::chrono::duration_cast<std::chrono::nanoseconds>
(end_time - start_time);
    std::cout << elapsed_ns.count() << " ns\n";
    return 0;
}
```

Для тестирования скорости выполнения арифметических операций использовалась симуляция нагрузки ЦП с использованием библиотеки математических операторов <cmath> для вычисления синуса sin(), экспоненты exp() и нахождения корня sqrt(). В качестве метрики производительности измерялось время работы цикла. Для сборки и запуска контейнеров использовался Docker версии 26.0.0.

Сравнение производилось на трех машинах различной конфигурации для вычисления в контейнере и на самом хосте с варьированием количества одновременно запущенных экземпляров программы. Полученные результаты для различных вариаций представлены далее. В таблицах 1-3 представлены результаты измерений времени работы программы для хоста и контейнера в трех случаях: одномоментно работающем одном, двух и трех экземплярах. Для каждого случая проводилось 10 измерений (N),

вычислялось среднее значение m , среднеквадратичное отклонение s , погрешность измерений $\pm x$. При вычислении погрешности брался доверительный интервал 0,95 и коэффициент Стьюдента для $N=10$. Вторичные вычисления включают в себя разницу между временем работы приложения и контейнера δ , а также процент от наибольшего из этих значений $\delta\%$.

Результаты измерений, представленных в таблицах 1-3 кратко приведены в сводной таблице 5, таблица 4 содержит разницу между временем выполнения программы в контейнере и на хосте. На основе полученных данных были построены графики времени выполнения на хосте и в контейнере (рисунки 1-3), (рисунки 4-7) и графики зависимостей разницы между временем выполнения хоста и контейнера для трех машин (PC1, PC2, PC3) (рисунки 8-10)

Impact Factor:	ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 0.191	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.100	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 1. Результаты измерений для PC1.

	Windows			Docker		
№	1	2	3	1	2	3
1	590111000	610992500	629880000	319448387	475804402,5	481534578,5
2	585195000	599452500	705952333,3	332170140	383962838,5	412316237,5
3	725710000	597733500	701009333,3	289322113	413931375	420345648
4	569254000	619213000	613774000	288116270	419732372,5	584421339
5	581915000	606259000	616963333,3	293536863	365599046,5	450496490
6	577236000	598301500	620639666,7	290303347	308527270,5	377612062,5
7	737037000	603935000	614527666,7	286388008	291717908	293797826
8	576469000	699057500	621534666,7	286398709	290676654,5	301506020,5
9	580713000	772903500	624217333,3	285031960	291435693,5	297320356,5
10	575063000	595372000	606670666,7	292013309	293385844	331811470,5
m	609870300	630322000	635516900	296272910,6	353477340,6	395116202,9
s	64345447,33	58772769,18	76141446,72	16067199,63	67760564,87	94404627,88
±x	145420711	132826458,3	172079669,6	36311871,18	153138876,6	213354459

Таблица 2. Результаты измерений для PC2.

	Debian			Docker		
№	1	2	3	1	2	3
1	118380876	121311317	122472015,7	156872890	144094882	135385539
2	116969160	121627004,5	122949416	121624222	126353022,5	129951119,5
3	116669547	124981401	122888075,3	120634335	123878898,5	126826905
4	116752629	120779780	121812769	121245142	124019313,5	124740475
5	117763551	120454954	121805157,3	121543682	124002702	129103352,5
6	116864436	121096771,5	122263270,3	121096279	124042396,5	130526223,5
7	116866167	121144657	121456818	122490932	123870825	123967989,5
8	117287304	120384348	121101612,3	121485321	124604965	133280288,5
9	117375075	119847468,5	120905522,3	121377790	124722827	131696223
10	116970334	119705266	121951874,7	121663530	127340037	127267052,5
m	117189907,9	121133296,8	121960653,1	125003412,3	126692986,9	129274516,8
s	533428,6415	1487857,57	694587,0411	11207739,72	6226262,043	3652195,713
±x	1205548,73	3362558,108	1569766,713	25329491,77	14071352,22	8253962,311

Impact Factor:	ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 0.191	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.100	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

Таблица 3. Результаты измерений для РС3.

	Astra			Docker		
№	1	2	3	1	2	3
1	177638887	175802535,5	177736789	177453636	178601866	181259529,5
2	175232909	179424317,5	176891766,3	172528046	176913568	179375289,5
3	176044194	175198612,5	175699278,3	173005435	174998359	179419615
4	175361968	174922072,5	177240455,7	172501047	174779942,5	177164956,5
5	175298896	175471230	177114229,3	172551548	174866284	175354656
6	175277382	175277425	175410253,7	173051407	175210108,5	175144697,5
7	175257305	174869049	175123448,7	175464256	174939689,5	175646677,5
8	175232767	174774643	175450331	175333653	174951404,5	175340902,5
9	175234280	174806226	174861763	175385974	175889746	176060571,5
10	175256133	174777739	174909364,7	176495488	174838292	176658945
m	175583472,1	175532385	176043768	174377049	175598926	177142584,1
s	763187,2781	1409638,839	1083540,778	1855248,186	1246430,793	2139477,403
±x	1724803,249	3185783,776	2448802,157	4192860,899	2816933,591	4835218,931

Таблица 4. Разница между временем работы контейнера и хоста.

	Windows		Debian		Astra	
№	delta, нс	delta, %	delta, нс	delta, %	delta, нс	delta, %
1	270662613	45,86639005	38492014	24,53707202	185251	0,104285161
2	253024860	43,23770025	4655062	3,827413589	2704863	1,543581634
3	436387887	60,13254427	3964788	3,286616534	3038759	1,726134177
4	281137730	49,38704515	4492513	3,705313818	2860921	1,631437553
5	288378137	49,55674574	3780131	3,110100778	2747348	1,567236339
6	286932653	49,70803155	4231843	3,494610268	2225975	1,269972757
7	450648992	61,14333365	5624765	4,591984817	206951	0,117944819
8	290070291	50,31845442	4198017	3,455575509	100886	0,057539439
9	295681040	50,91689699	4002715	3,297732641	151694	0,086491523
10	283049691	49,22064035	4693196	3,85752082	1239355	0,702202087
m	313597389,4	50,94877824	7813504,4	5,71639408	1546200,3	0,880682549
s	69587199,16	5,606176296	10792000,54	6,626080172	1290007,651	0,735261155
±x	157267070,1	12,66995843	24389921,22	14,97494119	2915417,291	1,66169021

Impact Factor:

ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	РИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

Таблица 5 — Обобщенные данные по таблицам 1-3.

	Количество экземпляров	Время вычисления на хосте, с	Время вычисления в контейнере, с	Процент от наибольшего
PC1	1	6,12+-1,51	2,96+-0,36	50,9+-12,6
	3	6,36+-0,82	3,95+-2,13	38,9+-35,7
PC2	1	1,24+-0,01	1,25+-0,25	5,7+-4,9
	3	1,22+-0,02	1,29+-0,08	5,5+-5,9
PC3	1	1,76+-0,02	1,74+-0,04	0,9+-1,7
	3	1,76+-0,02	1,77+-0,05	0,9+-1,7

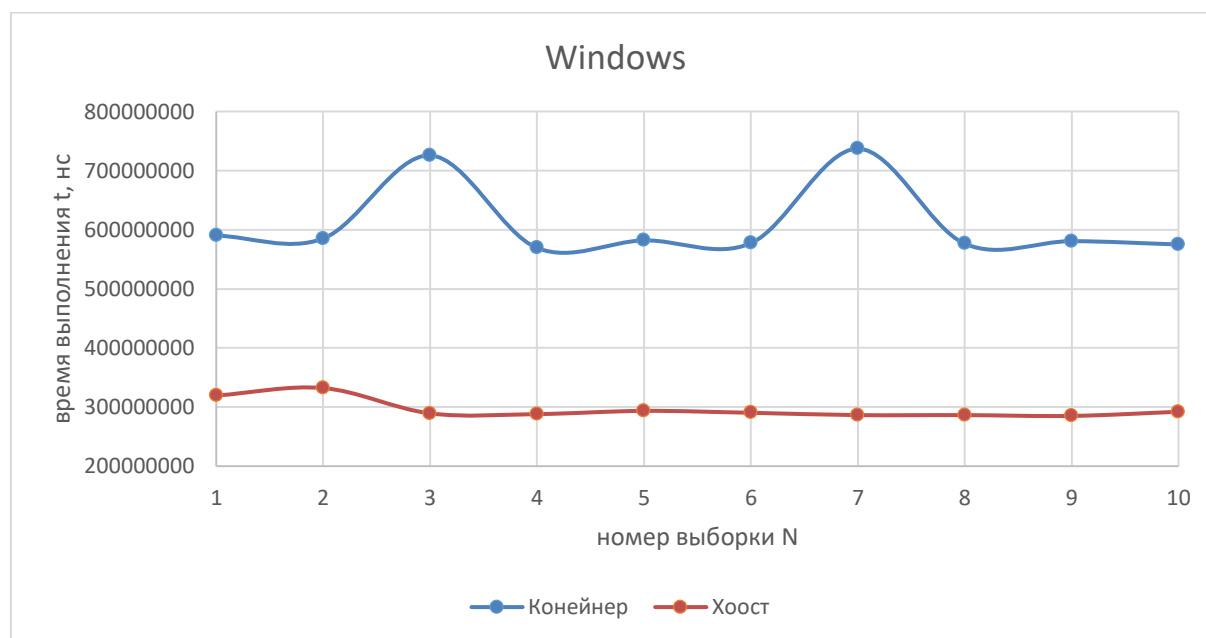


Рисунок 1. Время выполнения на хосте Windows и в контейнере.

Impact Factor:

ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

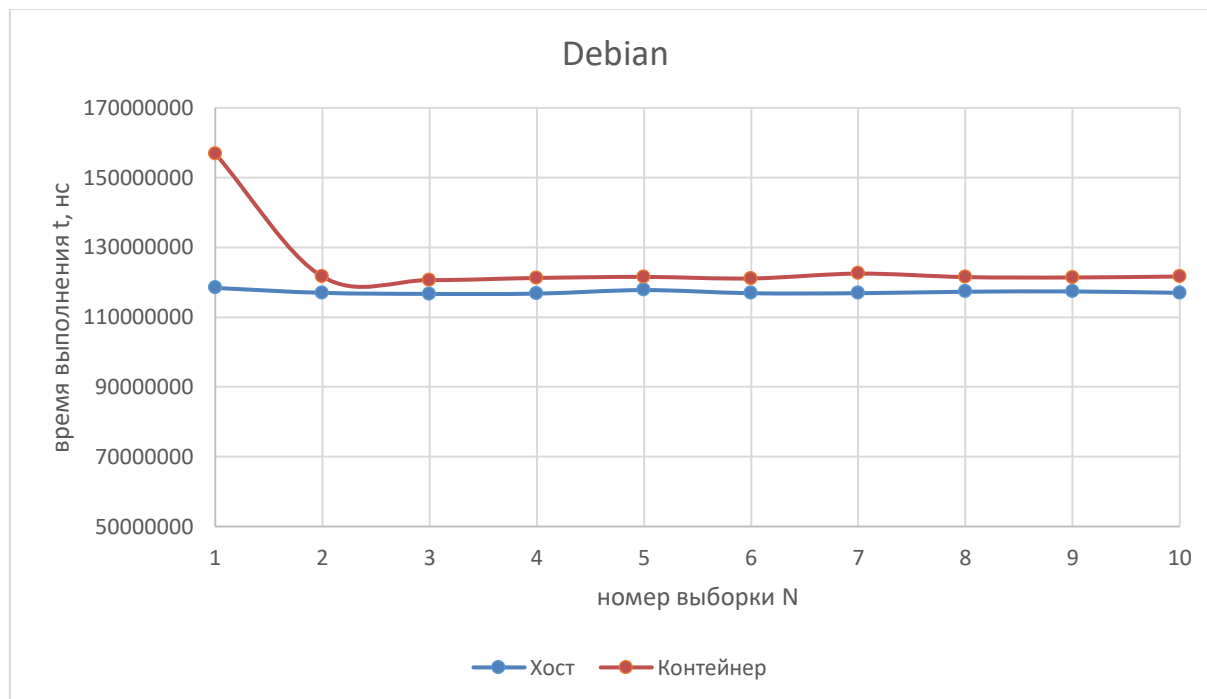


Рисунок 2. Время выполнения на хосте Debian и в контейнере.

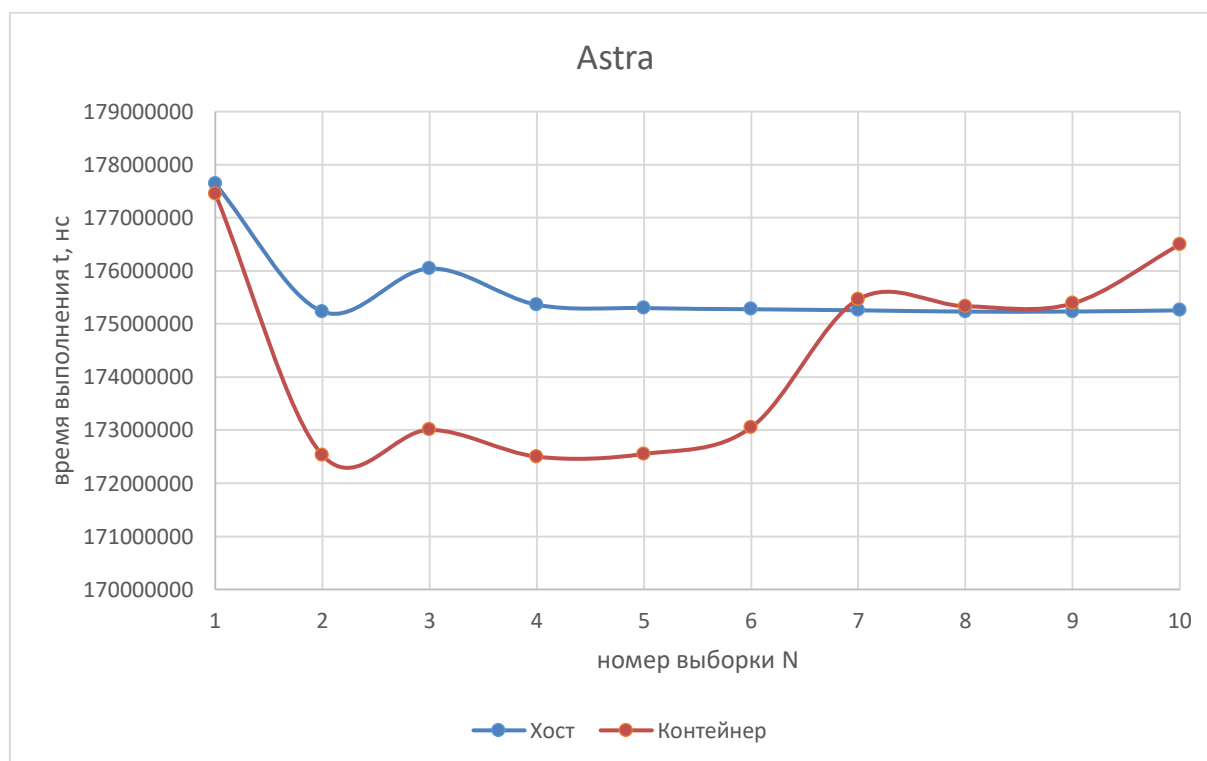


Рисунок 3 – Время выполнения на хосте Astra и в контейнере.

Impact Factor:

ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

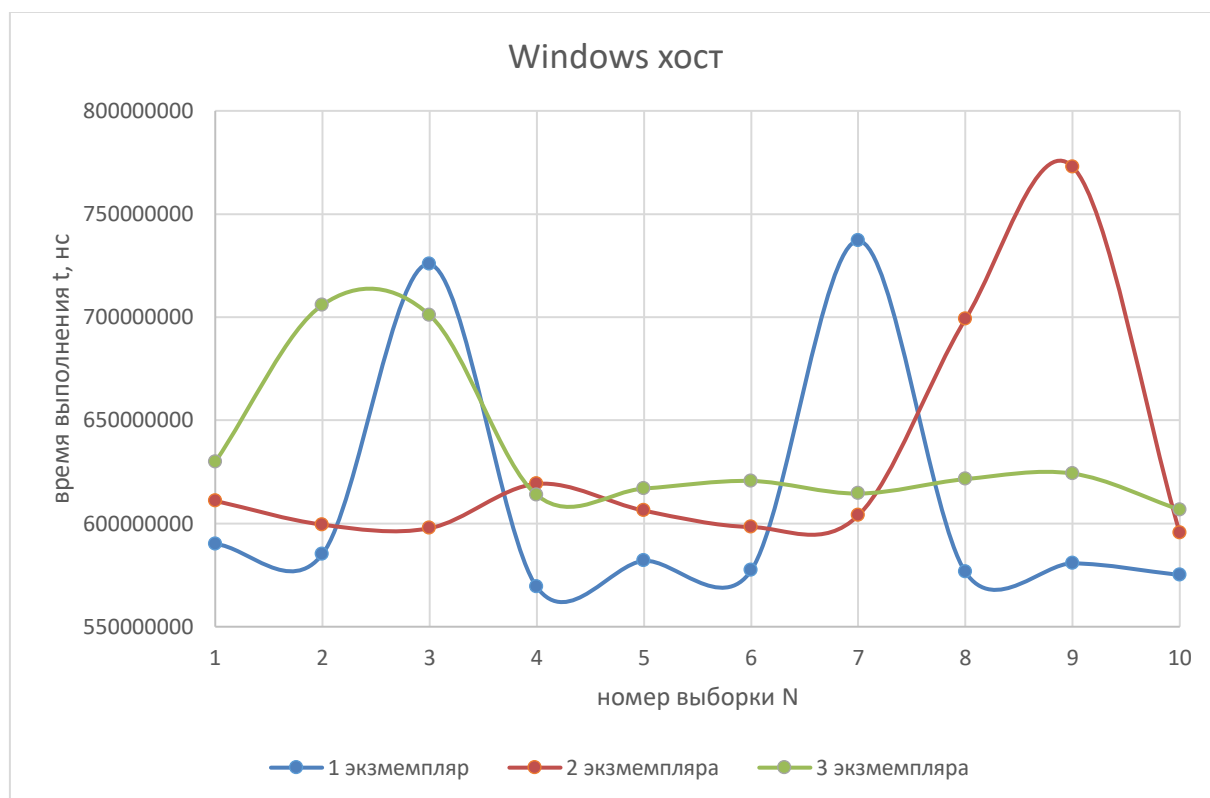


Рисунок 4 – Времена выполнения от одного до трех одновременно выполняющихся экземпляра в Windows.

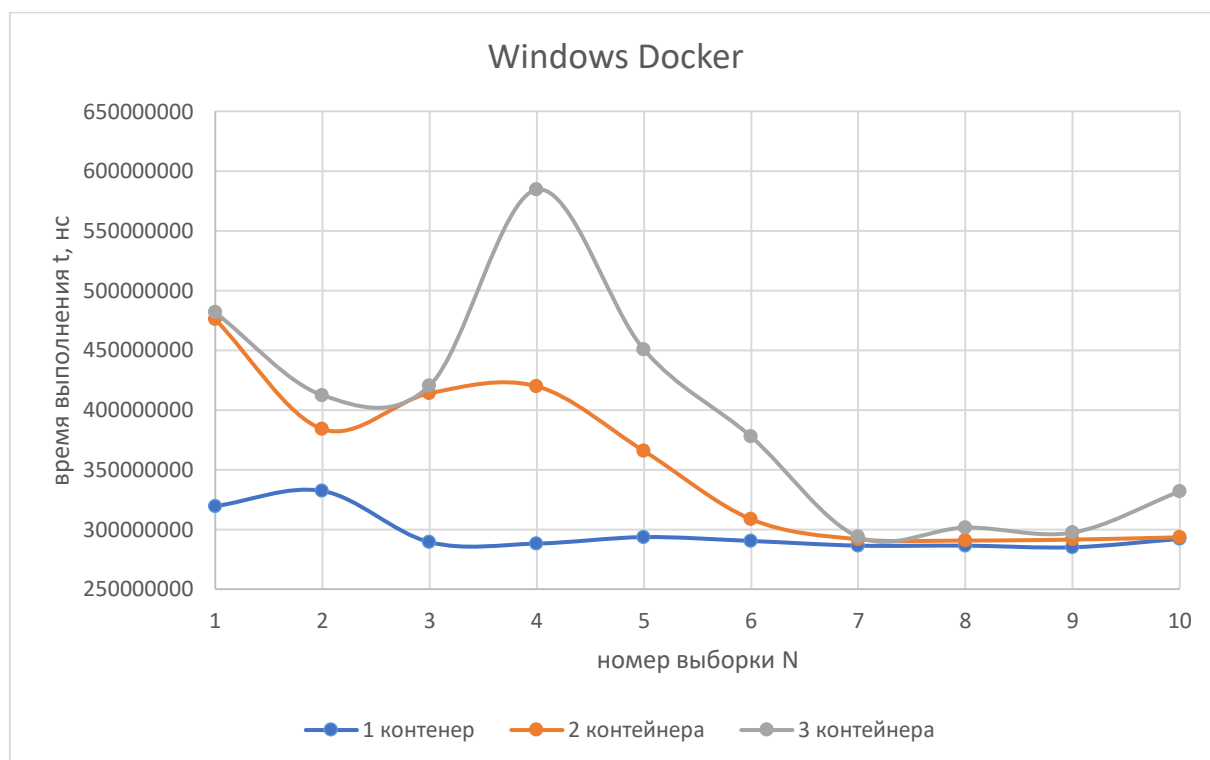


Рисунок 5 – Времена выполнения от одного до трех одновременно выполняющихся экземпляра в Docker.

Impact Factor:

ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

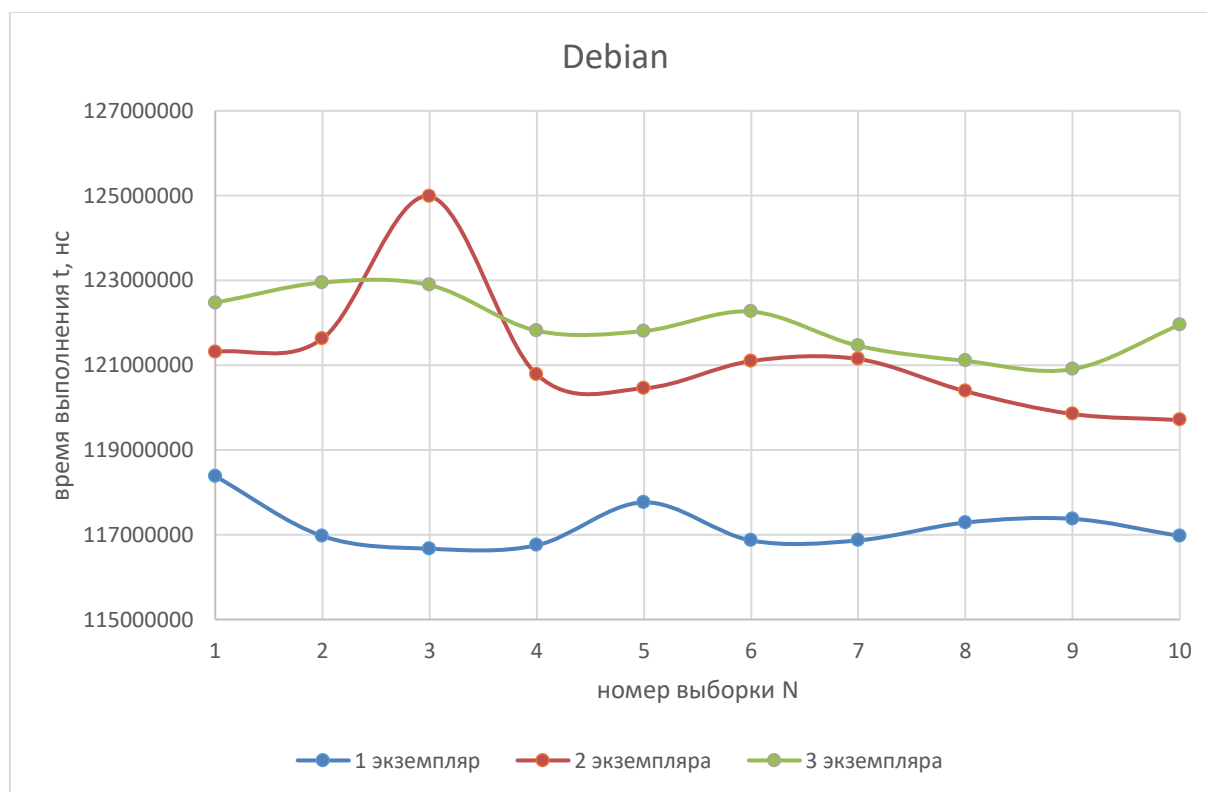


Рисунок 6 – Временя выполнения от одного до трех одновременно выполняющихся экземпляра в Debian.

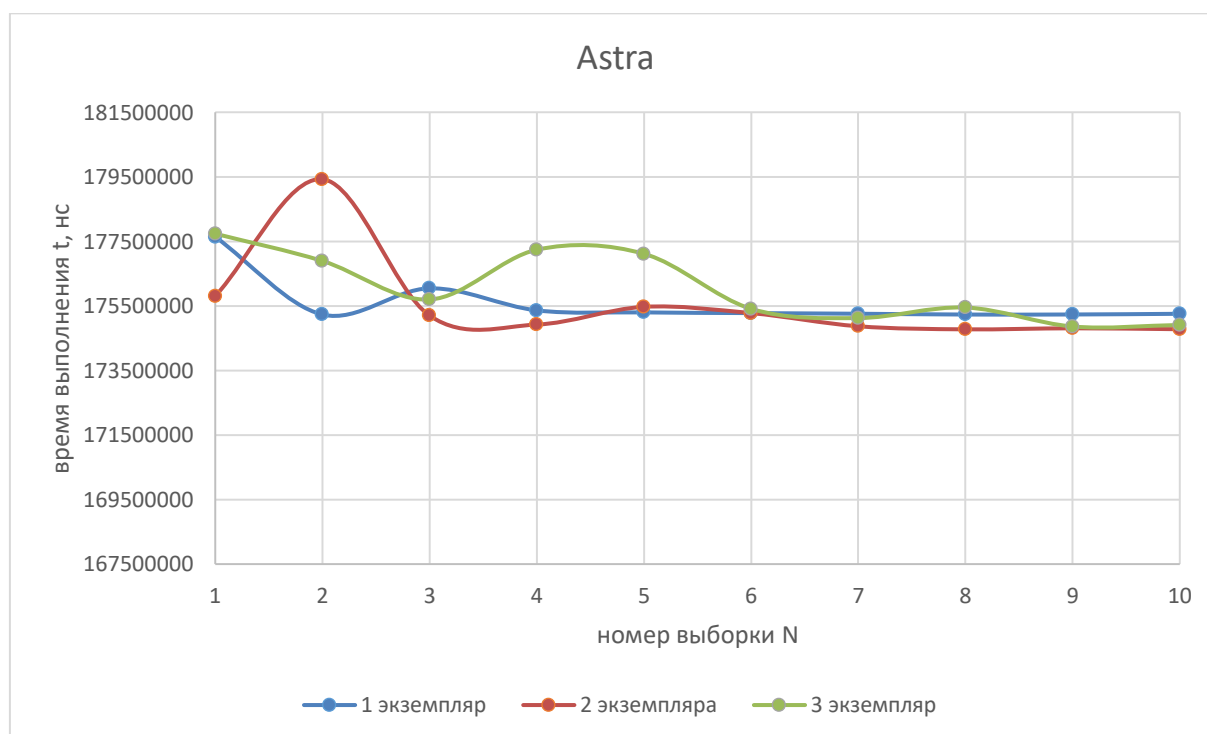


Рисунок 7 – Временя выполнения от одного до трех одновременно выполняющихся экземпляра в Astra.

Impact Factor:

ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИЦ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

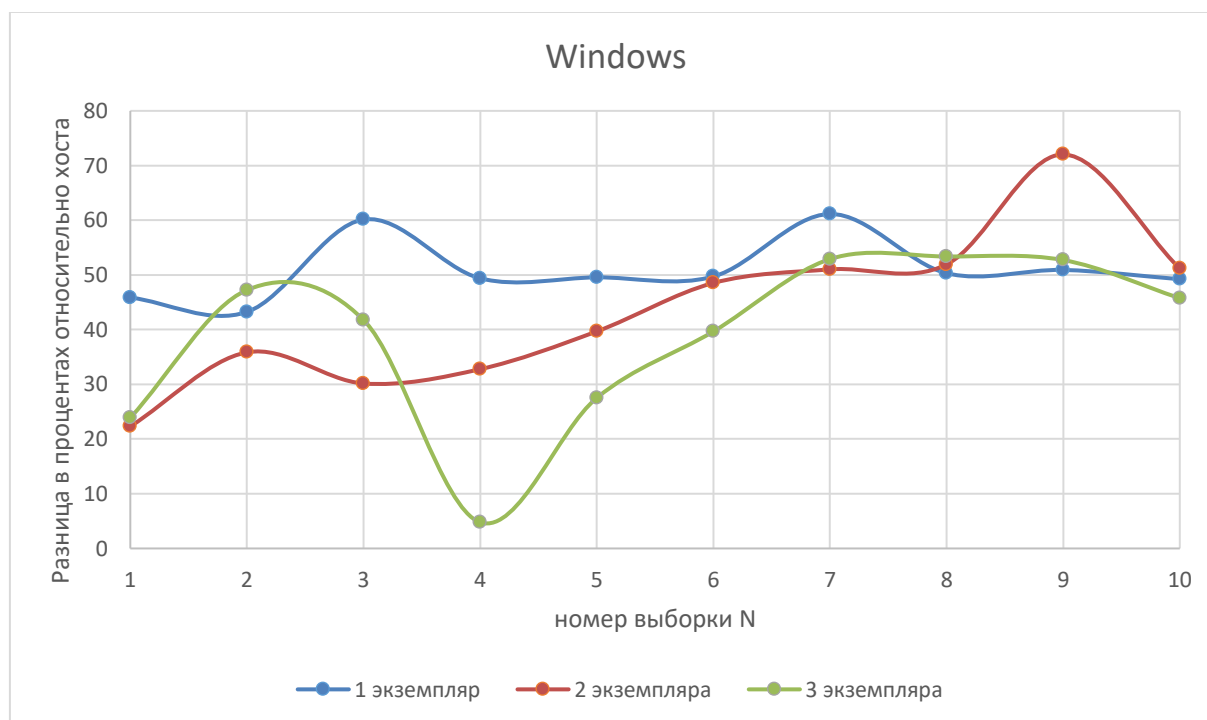


Рисунок 8 – Разница между хостом и контейнером в Windows.

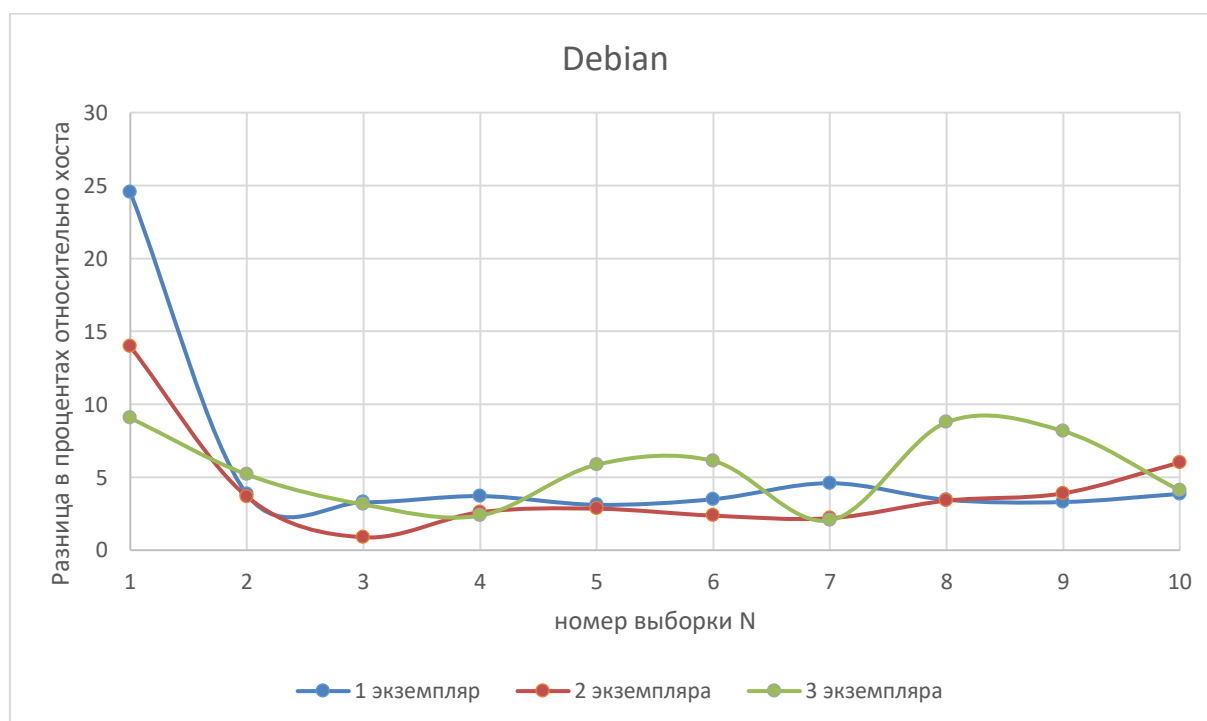


Рисунок 9 – Разница между хостом и контейнером в Debian.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 0.191
ESJI (KZ) = 8.100
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

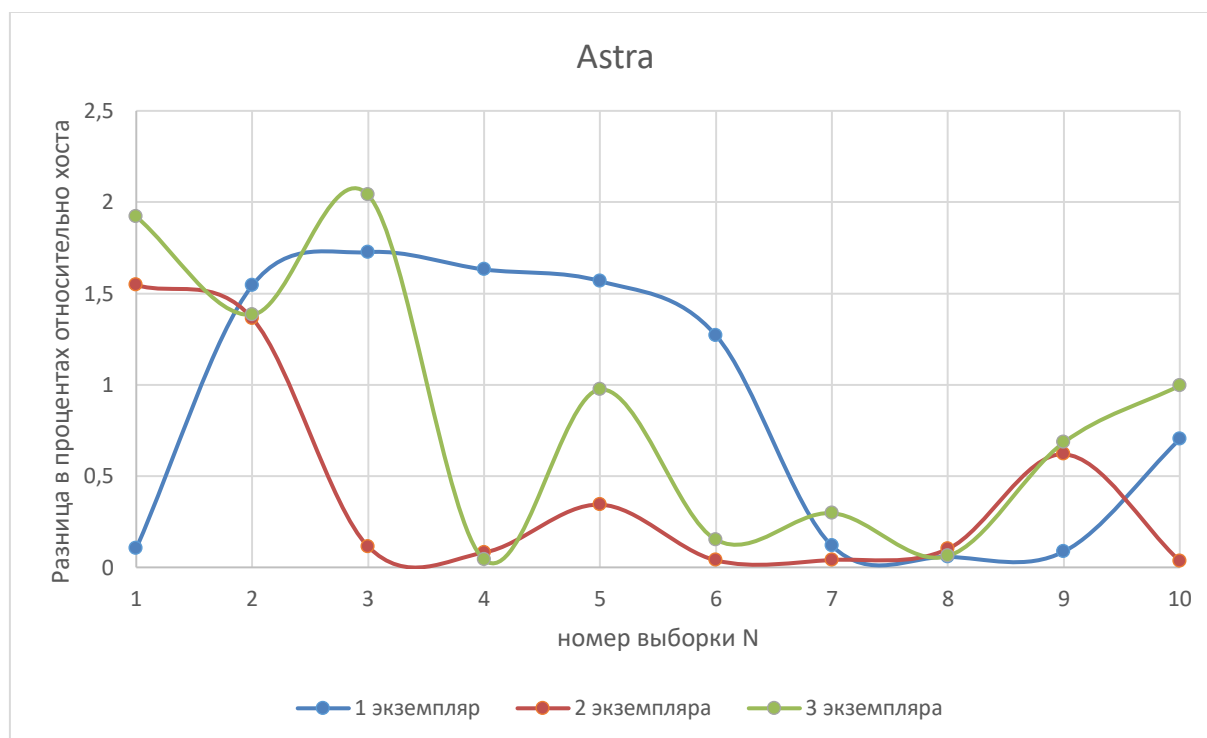


Рисунок 10 – Разница между хостом и контейнером в Astra Linux.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ

Из таблицы 5 видно, что для Windows, в отличие от Linux, время выполнения в контейнере оказалось меньше, чем на хосте на 50%, несмотря на использование подсистемы wsl и необходимости трансляции инструкций Linux. Для ОС семейства Linux разница выполнения между хостом и контейнером оказалась несущественной, за счет нативности платформы. Из рисунков 1-3 видно, что в Windows наибольшая разница между контейнером и хостом, в то время как в Debian она наименьшая. Также видна ниспадающая в начале измерений, связанная с запуском приложения.

Рисунки 4-7 показывают, что для всех трех случаев время выполнения трех экземпляров преимущественно растет с увеличением числа экземпляров приложения. Для Astra Linux эта разница оказалась наименьшей, что связано с наибольшей вычислительной мощностью. В Windows наблюдаются пики, которые вероятно связаны с системными прерываниями других приложений системы.

III. Выводы

Проанализировав полученные данные можно сделать вывод, что в ОС Windows время выполнения

приложения (exe) оказалось больше на 50%, чем аналогичные приложения (elf) в контейнере. Это может быть связано с используемыми версиями библиотек на Windows и Linux при линковке [6-7]. Более актуальные и оптимизированные математические библиотеки дают лучшую производительность. Другая причина может быть связана с малыми накладными расходами работы и типом гипервизора Nureg-V, который резервирует ресурсы для выполнения контейнера и системные прерывания сторонних приложений не влияют на исследуемое, в отличие от запуска непосредственно на хосте [8]. В ОС Linux время выполнения на хосте отличается от контейнера в рамках погрешности, за счет нативной платформы. Время выполнения отдельного экземпляра увеличивается с ростом количества одновременно работающих приложений (то есть нагрузки). Однако с ростом вычислительной мощности и возможностей распараллеливания (количество физических ядер) эта разница существенно уменьшается [9-10]. Таким образом можно сказать, что технология контейнеризации (в данном случае Docker) является эффективным инструментом для запуска, развёртывания и управляет жизненным циклом продукта.

Impact Factor:	ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
	ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	ПИИИ (Russia)	= 0.191	PIF (India)	= 1.940
	GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.100	IBI (India)	= 4.260
	JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

References:

1. Sergeev, A., Rezedinova, E., & Khakhina, A. (2022). *Docker Container Performance Comparison on Windows and Linux Operating Systems*. In Proceedings of the 2022 International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES). doi:10.1109/CIEES55704.2022.9990683
2. Thompson, E., & White, K. (2023). Containerization and Its Effects on Application Scalability. *Journal of Systems Architecture*, 129, 101-115. doi:10.1016/j.sysarc.2023.01.009.
3. Nguyen, T., & Chen, Y. (2020). Docker vs. Traditional Virtualization: A Performance Comparison. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, 9(1), 15-30. doi:10.1186/s13677-020-00167-5.
4. Robinson, D., & Clark, E. (2022). *Understanding the Performance Trade-offs of Containerized Applications*. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 10(4), 789-802. doi:10.1109/TCC.2022.3145678
5. Harris, N., & Lewis, G. (2021). The Future of Software Deployment: Insights from Docker Containerization. *Journal of Software: Evolution and Process*, 33(5), e2270. doi:10.1002/smr.2270
6. Lee, H., & Kim, J. (2022). Benchmarking Arithmetic Operations in Docker Containers. *Journal of Performance Evaluation*, 112, 45-58. doi:10.1016/j.peva.2022.01.003
7. Garcia, P., & Martinez, T. (2020). The Role of Containers in Modern Software Development. *Software: Practice and Experience*, 50(6), 456-470. doi:10.1002/spe.2845
8. Wilson, R., & Taylor, S. (2023). Containerization Technologies: A Review of Docker and Kubernetes. *Journal of Computer Science and Technology*, 38(2), 89-102. doi:10.1016/j.jcst.2023.02.007
9. Brown, A., & Davis, M. (2021). Analyzing the Impact of Docker on Application Performance. *International Journal of Cloud Computing*, 12(4), 200-215. doi:10.1016/j.ijcc.2021.04.002
10. Smith, J., & Johnson, L. (2022). Performance Optimization in Containerized Environments: A Comparative Study. *Journal of Software Engineering*, 45(3), 123-135. doi:10.1016/j.jse.2022.01.005