

## Impact Factor:

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

SIS (USA) = 0.912  
ПИИИ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

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

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: 01 Volume: 129

Published: 07.01.2024 <http://T-Science.org>

Issue

Article



**Liya Ildarovna Borganova**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
Master's Student  
Institute of Computer Science and Cybersecurity

**Anatoly Sergeev**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
Candidate of Engineering Sciences, Docent  
Institute of Computer Science and Cybersecurity

## TESTING THE SPEED OF PERFORMING ARITHMETIC OPERATIONS WITH INTEGERS AND REAL NUMBERS IN THE WINDOWS OPERATING SYSTEM WHEN PERFORMING CALCULATIONS IN THE DOCKER CONTAINER AND DIRECTLY ON THE HOST

**Abstract:** The purpose of this article is to conduct a comparative analysis of the results of measuring the execution time of a test script file with calculations of arithmetic operations with integers and real numbers in the Docker container and on the host in Windows 11 operating system.

**Key words:** Virtualization, Docker container, integers and real numbers, comparative analysis of arithmetic operations.

**Language:** Russian

**Citation:** Borganova, L. I., & Sergeev, A. S. (2024). Testing the speed of performing arithmetic operations with integers and real numbers in the windows operating system when performing calculations in the Docker container and directly on the host. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 01 (129), 215-223.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-01-129-16> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.01.129.16>

**Scopus ASCC:** 1600.

### ТЕСТИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ С ЦЕЛЫМИ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМИ ЧИСЛАМИ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ WINDOWS ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ В КОНТЕЙНЕРЕ DOCKER И НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ХОСТЕ

**Аннотация:** Цель данной статьи провести сравнительный анализ результатов замера времени выполнения тестового скрипт файла с вычислениями арифметических операций с целыми и действительными числами в контейнере Docker и на хосте в операционной системе Windows 11.

**Ключевые слова:** Виртуализация, контейнер Docker, целые и действительные числа, сравнительный анализ арифметических операций.

#### Введение

Процесс тестирования скорости выполнения арифметических операций с целыми и действительными числами в операционной системе Windows при выполнении вычислений в контейнере Docker и непосредственно на хосте и последующий сравнительный анализ полученных

результатов может быть полезен в некоторых ситуациях.

Во-первых, при оптимизации производительности, то есть данное тестирование показывает, насколько быстро или медленно выполняются арифметические операции в контейнере Docker и на хосте в ОС Windows при различных условиях, что впоследствии помогает

## Impact Factor:

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

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

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

при оптимизации программного кода и выбора оптимального окружения выполнения.

Во-вторых, позволяет выполнить оценку текущего окружения выполнения и совместимости с текущей операционной системой.

Таким образом, результаты тестирования могут быть использованы для принятия решений при разработке и оптимизации программ, особенно в случае, когда производительность играет ключевую роль.

### Цели и задачи исследования

В связи с этим целью данной статьи стала разработка методики тестирования производительности контейнера Docker и ОС Windows 11, проведение данного тестирования и анализ полученных результатов.

Для достижения поставленной цели нужно выполнить следующие задачи:

- написать скрипт файл с вычислениями арифметических операций с целыми и действительными числами.
- замерить время выполнения этого файла в контейнере Docker.
- замерить время выполнения этого файла на хосте в ОС Windows
- сравнить полученные результаты.

### Параметры виртуальной машины

В ходе выполнения работы использовалась виртуальная машина Ubuntu 22.04 с установленным Docker 24.0.5.

Для установки Ubuntu на виртуальную машину можно использовать различные технологии виртуализации. В данной работе был использован «VirtualBox» – это бесплатное и открытое программное обеспечение, предоставляющее платформу виртуализации для различных операционных систем, включая Ubuntu [3]. Таким образом, была создана виртуальная машина, ей были назначены ресурсы и установлена Ubuntu, а в ней уже был установлен Docker.

### Метод тестирования

Для проведения тестирования была написана программа на языке программирования Python. Выбор в пользу данного языка обусловлен тем, что практически во всех контейнерах Docker он предустановлен [9]. Для того, чтобы запустить программу, написанную на Python достаточно просто вызвать скрипт в контейнере или же в командной строке.

Контейнер Docker – это исполняемый пакет, работающий автономно. Обработка кода возможна, когда присутствует исходный код, среда обработки, системные инструменты и библиотеки с настройками [5].

Программа «Test-script.py», используемая для тестирования, включает в себя 2 цикла, один из которых работает с целыми числами, другой – с вещественными числами. На старте цикла фиксируется текущее время «start\_time», определенное как начало времени выполнения вычислений. По завершении работы цикла также фиксируется время «end\_time», определенное как завершение времени выполнения вычислений. Затем для того, чтобы высчитать время, затраченное на выполнение арифметических операций, выполняется вычитание двух фиксированных значений времени с выводом результата.

Код программы представлен ниже:

```
import time
from datetime import datetime
```

```
#целые числа
start_time = time.time()
value = 2
for i in range(1, 300000):
    value = (value + value * 2) * 3
```

```
#вещественные числа
# start_time = time.time()
# value = 6.13
# for i in range(1, 300000):
#     value = (value + value * 5) * 2
```

```
end_time = time.time()
print('Execution time = ', end_time - start_time)
```

Для того чтобы полностью оценить полученные результаты, необходимо учитывать, что в Python арифметические операции с целыми числами выполняются дольше, чем те же операции с вещественными числами. Это особенность самого языка программирования, потому что он по-разному представляет эти числа.

Целые числа в Python представлены как структура языка C, то есть они подобны списку, имеющему переменную длину, поэтому Python поддерживает работу с большими числами. Структура целого числа в Python имеет 2 наиболее значимых поля: ob\_digit и ob\_size. Ob\_digit – это массив единичной длины, который является указателем на число, и при необходимости может быть увеличен до любой длины. Ob\_size – это количество элементов в ob\_digit [6].

Вещественные числа в Python – это тип данных double из языка C, имеющих 64 бита для хранения данных о числе. Диапазон таких чисел гораздо меньше [7].

Следовательно, получаем, что Python позволяет хранить и обрабатывать сколько угодно большие целые числа, а вычисления с такими числами требуют гораздо больше времени. В этом случае можно оптимизировать работу с целыми числами, но цель данного исследования

## Impact Factor:

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

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

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

заключается не в том, чтобы сравнить вычисления и провести их оптимизацию, а в том, чтобы сравнить выполнения этих операций на хосте и в контейнере Docker.

В дальнейшем в коде будет меняться количество итераций внутри цикла: 300 000, 500 000 и 700 000.

Также для проведения тестирования нам понадобится запускать в Docker несколько контейнеров, выполняющих тестовый скрипт параллельно. Количество контейнеров тоже будет меняться: 1, 2, 3 и 5.

А на хосте нужно будет аналогично запустить тестовый скрипт так, чтобы параллельно было выполнено 1, 2, 3 и 5 программ. Для этого надо использовать bat-файл, в котором применяется цикл с параллельным запуском тестируемого скрипт файла. За параллельный запуск отвечает команда «start» вместе с параметром «/В» [1].

Для нескольких контейнеров и для нескольких программ будем брать усредненный результат по времени выполнению,

соответственно, по 2, по 3 и по 5 программам или контейнерам.

### Настройка Docker

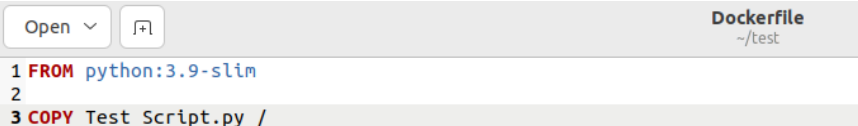
Для того, чтобы запустить тестовый скрипт на выполнение внутри Docker, создадим отдельную папку в виртуальной машине с названием «test». Создадим в ней 3 файла: Dockerfile, docker-compose.yml файл и Test\_Script.py.

Файл Test\_Script.py – это скрипт файл Python.

Файл Dockerfile – это файл Docker, который будет содержать необходимые инструкции для создания среды.

Файл docker-compose.yml – это файл, который используется для одновременного управления несколькими контейнерами. При этом несколько контейнеров запускаются параллельно и выполняют вычисления независимо друг от друга [10].

Содержимое Dockerfile представлено на рисунке 1.



```
Open  Dockerfile
~/test
1 FROM python:3.9-slim
2
3 COPY Test_Script.py /
```

Рисунок 1 – Содержимое Dockerfile.

Docker-файл всегда должен начинаться с импорта базового образа. Для этого используется ключевое слово «FROM». В данной работе используется легковесный образ Python 3.9

Далее, чтобы запустить код Python, его необходимо импортировать в наш образ. Для этого используется ключевое слово «COPY».

Первый параметр «Test-Script.py» – это имя файла на хосте. Второй параметр «/» – это путь к файлу. В данном случае файл помещается в корневую папку образа.

Содержимое docker-compose.yml представлено на рисунке 2.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

```
Open  docker-compose.yml
~/test
1 version: "3"
2
3 services:
4   container1:
5     image: lab8
6     build:
7       context: .
8       dockerfile: Dockerfile
9     command: python Test_Script.py
10  container2:
11    image: lab8
12    build:
13      context: .
14      dockerfile: Dockerfile
15    command: python Test_Script.py
16  container3:
17    image: lab8
18    build:
19      context: .
20      dockerfile: Dockerfile
21    command: python Test_Script.py
22  container4:
23    image: lab8
24    build:
25      context: .
26      dockerfile: Dockerfile
27    command: python Test_Script.py
28  container5:
29    image: lab8
30    build:
31      context: .
32      dockerfile: Dockerfile
33    command: python Test_Script.py
```

Рисунок 2 – Содержимое docker-compose.yml.

Файл docker-compose должен начинаться с тега версии, в данном случае используется 3 версия. Docker-composes работает с сервисами: 1 сервис = 1 контейнер. Раздел, описывающий сервис, начинается с ключевого слова «services». В данном случае описаны 5 одинаковых разделов, для запуска 5 контейнеров. Названия каждого сервиса – это название каждого контейнера, следовательно, «container1», «container2» и т. д. Ключевое слово «image» указывает на название образа «lab8», а ключевое слово «context» указывает на расположение docker-файла: «.» означает, что файл находится в той же директории что и docker-compose файл. Ключевое слово

«command» указывает на команду, которую нужно запустить после создания образа [2].

Далее в терминале Ubuntu нужно перейти в созданную ранее папку «test», где расположены нужные нам файлы. Для проведения тестирования нам понадобятся 2 команды:

sudo docker-compose build – для того, чтобы собрать проект.

sudo docker-compose up – для того, чтобы запустить проект.

### Тестирование

#### Тестирование вещественных чисел

Таблица 1. Время выполнения тестового скрипта на хосте.

	300 000 итераций	500 000 итераций	700 000 итераций
хост 1 программа	0,01460 с.	0,02543 с.	0,03850 с.
хост 2 программы	0,01508 с.	0,02385 с.	0,03679 с.
хост 3 программы	0,01492 с.	0,02421 с.	0,03378 с.
хост 5 программ	0,01540 с.	0,02473 с.	0,03432 с.

Здесь и в дальнейшем в качестве времени выполнения указано усредненное значение, соответственно, по 2, по 3 и по 5 программам.

По данным таблицы 1 можно проследить, что с увеличением количества итераций время растет, но незначительно.

<b>Impact Factor:</b>	<b>ISRA (India) = 6.317</b>	<b>SIS (USA) = 0.912</b>	<b>ICV (Poland) = 6.630</b>
	<b>ISI (Dubai, UAE) = 1.582</b>	<b>РИИЦ (Russia) = 3.939</b>	<b>PIF (India) = 1.940</b>
	<b>GIF (Australia) = 0.564</b>	<b>ESJI (KZ) = 8.771</b>	<b>IBI (India) = 4.260</b>
	<b>JIF = 1.500</b>	<b>SJIF (Morocco) = 7.184</b>	<b>OAJI (USA) = 0.350</b>

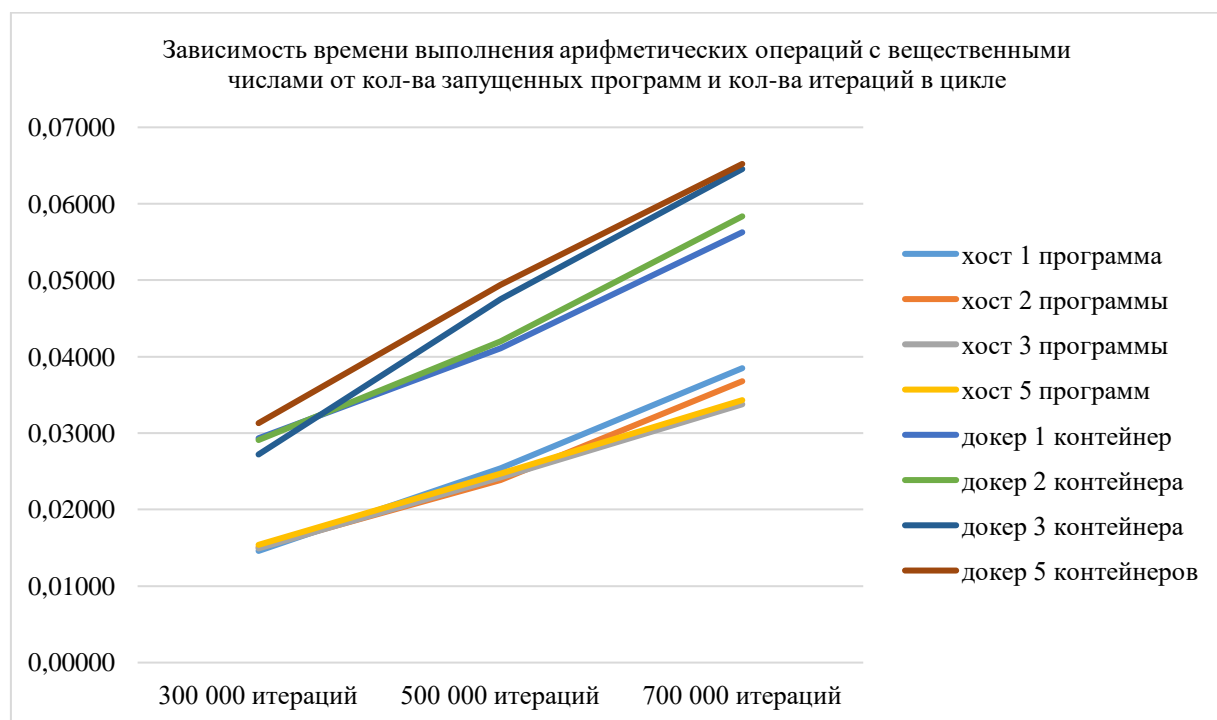
**Таблица 2. Время выполнения тестового скрипта в Docker.**

	300 000 итераций	500 000 итераций	700 000 итераций
докер 1 контейнер	0,02934 с.	0,04109 с.	0,05627 с.
докер 2 контейнера	0,02910 с.	0,04203 с.	0,05836 с.
докер 3 контейнера	0,02722 с.	0,04753 с.	0,06454 с.
докер 5 контейнеров	0,03131 с.	0,04941 с.	0,06521 с.

Здесь и в дальнейшем в качестве времени выполнения указано усредненное значение, соответственно, по 2, по 3 и по 5 контейнерам.

По данным таблицы 2 можно проследить, что время выполнения с увеличением количества итераций растет, но незначительно. При этом если

сравнивать данные показатели с полученными при вычислении на хосте, то время, требуемое для вычисления в контейнерах Docker, больше. С увеличением количества одновременно запущенных контейнеров наблюдается увеличение времени выполнения.



**Рисунок 3 – График зависимости для вещественных чисел.**

По графику зависимости, представленному на рисунке 3, также можно сделать наглядный вывод о том, что время выполнения, затраченное контейнерами docker, больше, чем время, затраченное хостом. Это происходит потому, что в данной работе используется виртуализация на уровне хоста, следовательно получаем, что контейнеры запускаются внутри виртуальной машины, что может добавить еще один уровень виртуализации и повлиять на производительность [8]. Также чем больше используется контейнеров, тем дольше по времени выполняются вычисления. При этом при малом количестве контейнеров (1 и

2) время выполнения практически не отличается. Можно заметить, что увеличение числа контейнеров приводит к незначительному увеличению времени выполнения, так как каждый контейнер работает на отдельных ядрах процессора, минимизируя конкуренцию за вычислительные ресурсы [4].

Данный вывод можно подтвердить, если взглянуть на график зависимости времени выполнения от количества контейнеров и количества итераций, к примеру, для вещественных чисел. Он представлен на рисунке 4.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

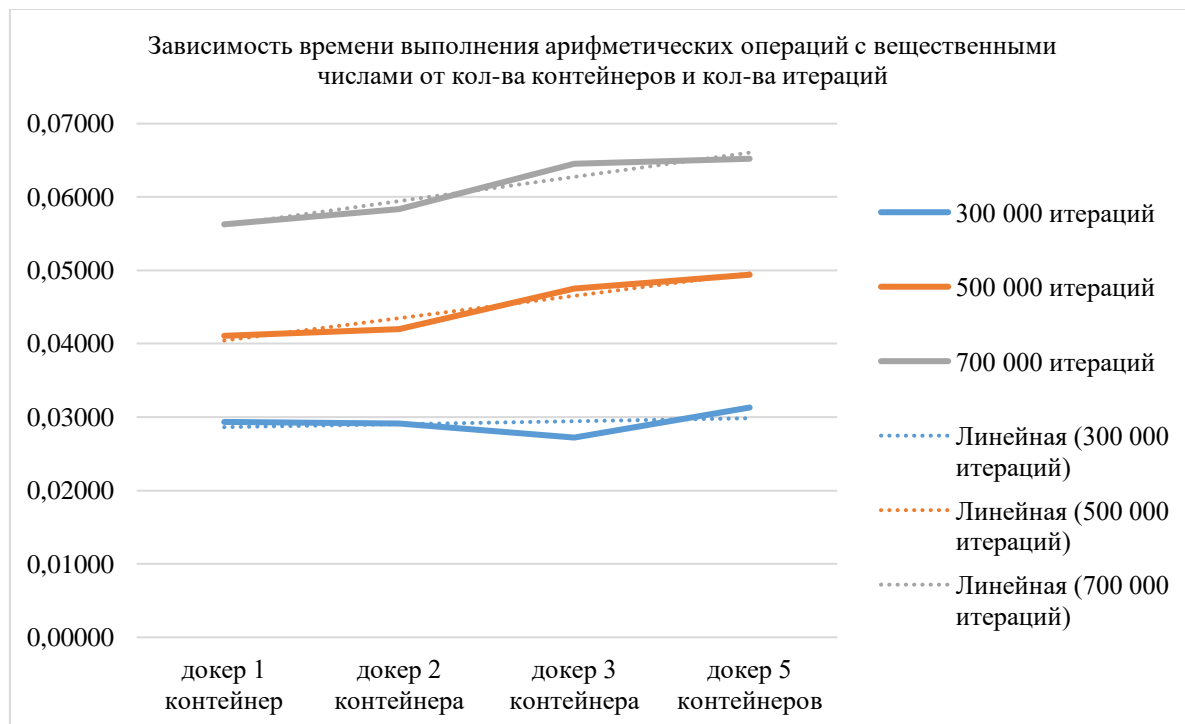


Рисунок 4 – График зависимости для вещественных чисел (разное кол-во контейнеров).

Если рассмотреть график детально, то можно заметить, что данная зависимость похожа на

линейную, соответственно можно сказать, что время выполнения растет линейно.

### Тестирование целых чисел.

Таблица 3. Время выполнения тестового скрипта на хосте.

	300 000 итераций	500 000 итераций	700 000 итераций
хост 1 программа	8,5194 с.	22,2986 с.	45,2996 с.
хост 2 программы	7,6112 с.	22,6559 с.	45,6153 с.
хост 3 программы	8,3271 с.	22,9861 с.	46,6445 с.
хост 5 программ	8,3074 с.	24,2456 с.	48,3412 с.

По данным таблицы 3 можно проследить, что с увеличением количества итераций в цикле, значительно растет время выполнения вычислений. Например, при запуске 1 программы при увеличении количества итераций с 300 000 до 500 000 время увеличилось в 3 раза, при дальнейшем увеличении до 700 000 итераций – наблюдается увеличение времени в 2 раза. Также при увеличении количества одновременно

запущенных программ общее время выполнение тоже увеличивается, но не сильно.

Такой сильный прирост времени выполнения объясняется особенностями работы языка Python с целыми числами, что было более подробно описано ранее в разделе «Методы тестирования».

Чем больше итераций выполняется, тем больше получается число, а следовательно, больше времени требуется на его обработку и хранение.

Таблица 4. Время выполнения тестового скрипта в Docker.

	300 000 итераций	500 000 итераций	700 000 итераций
докер 1 контейнер	5,8573 с.	16,5532 с.	31,5185 с.
докер 2 контейнера	6,0802 с.	16,9165 с.	36,7937 с.

## Impact Factor:

<b>ISRA</b> (India) = <b>6.317</b>	<b>SIS</b> (USA) = <b>0.912</b>	<b>ICV</b> (Poland) = <b>6.630</b>
<b>ISI</b> (Dubai, UAE) = <b>1.582</b>	<b>ПИИЦ</b> (Russia) = <b>3.939</b>	<b>PIF</b> (India) = <b>1.940</b>
<b>GIF</b> (Australia) = <b>0.564</b>	<b>ESJI</b> (KZ) = <b>8.771</b>	<b>IBI</b> (India) = <b>4.260</b>
<b>JIF</b> = <b>1.500</b>	<b>SJIF</b> (Morocco) = <b>7.184</b>	<b>OAJI</b> (USA) = <b>0.350</b>

докер 3 контейнера	6,3979 с.	17,2942 с.	40,5345 с.
докер 5 контейнеров	7,8667 с.	22,0901 с.	47,9846 с.

По данным таблицы 4 можно проследить, что так же, как и в примере выше при увеличении количества итераций в цикле, увеличивает и время, затрачиваемое на выполнение операций. Например, при запуске 1 контейнера и при увеличении количества итераций с 300 000 до 500 000 время увеличилось в 3 раза, а затем при увеличении до 700 000 итераций – в 2 раза.

При увеличении количества одновременно запущенных контейнеров наблюдается рост времени выполнения, при этом наиболее отчетливо это прослеживается при большом кол-ве итераций. Так, при 700000 итерациях и запуске 3 контейнеров время равно 33,8912 секунд, а при запуске 5 контейнеров – 47,9846 секунд, следовательно, наблюдаем увеличении времени на 14 секунд.

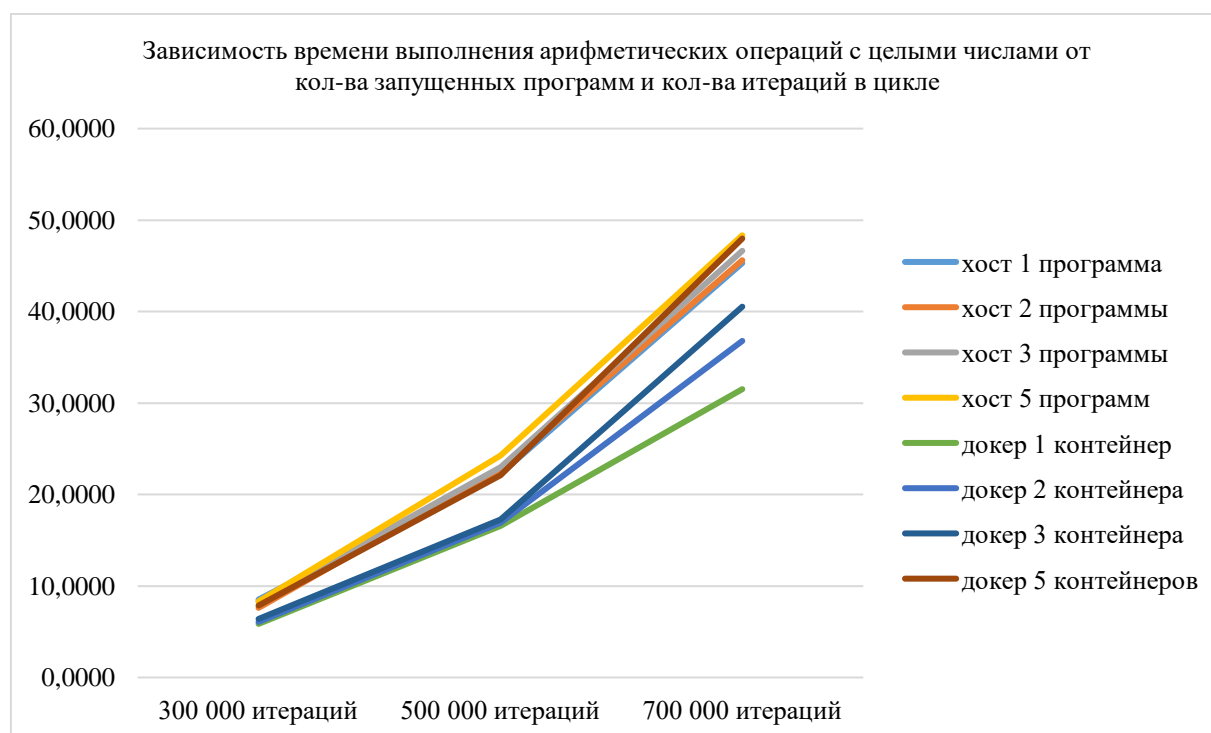


Рисунок 5 – График зависимости для целых чисел.

По графику зависимости, представленному на рисунке 5, можно сделать вывод о том, что для выполнения арифметических операций с целыми числами хосту требуется больше времени,

особенно это прослеживается при большом количестве итераций выполнения вычислений, что обусловлено особенностями используемого языка программирования.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 1.582	ПИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.771	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

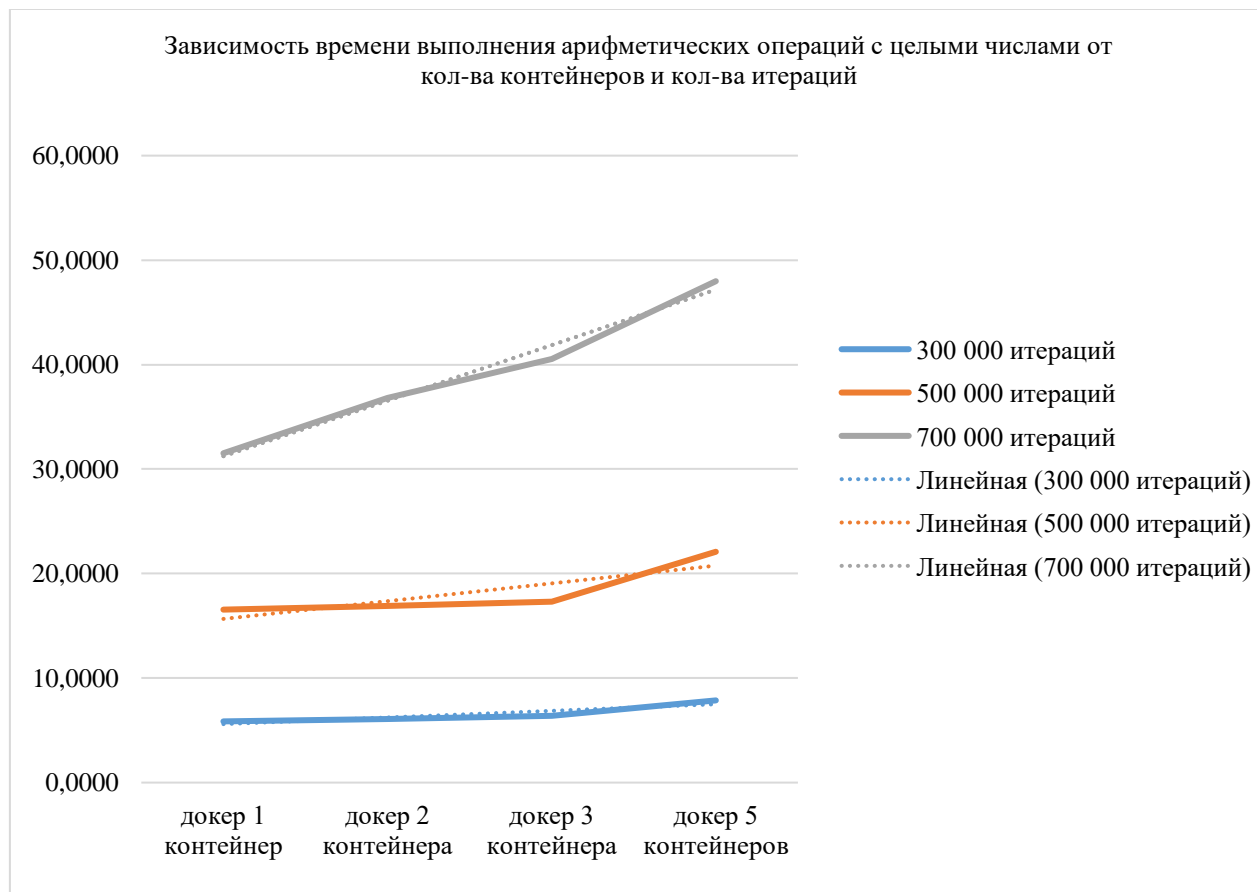


Рисунок 6 – График зависимости для целых чисел (разное кол-во контейнеров).

Если рассмотреть более детально график, показывающий зависимость времени выполнения от количества контейнеров и количества итераций в цикле, то так же, как и в примере выше для вещественных чисел, для целых чисел тоже наблюдается линейная зависимость, показывающая линейный рост времени и еще раз доказывающая вывод о том, что увеличение числа контейнеров приводит к незначительному увеличению времени выполнения. График представлен на рисунке 6.

### Выводы

Таким образом, в данной статье были протестированы скорости выполнения арифметических операций с целыми и

действительными числами в операционной системе Windows при выполнении вычислений в контейнере Docker и непосредственно на хосте.

Полученные в результате выполнения тестирования данные показывают, что при работе с целыми числами выигрышная позиция при использовании контейнеризации, а при работе с вещественными числами – при использовании хоста, однако при этом контейнеризация тоже показала хороший результат в силу того, что увеличение числа контейнеров приводит к незначительному увеличению времени выполнения. Эффект на полученные данные оказывает и выбранный метод виртуализации, и особенности выбранного языка программирования Python.

### References:

- (n.d.). *Batch file commands*. Retrieved 10.12.2023 from <https://www.trytoprogram.com/batch-file-commands/#batchfilecommands>
- (2023). *Compose file version 3 reference*. Retrieved 02.12.2023 from <https://docs.docker.com/compose/compose-file/compose-file-v3/>



<b>Impact Factor:</b>	<b>ISRA (India) = 6.317</b>	<b>SIS (USA) = 0.912</b>	<b>ICV (Poland) = 6.630</b>
	<b>ISI (Dubai, UAE) = 1.582</b>	<b>ПИИИ (Russia) = 3.939</b>	<b>PIF (India) = 1.940</b>
	<b>GIF (Australia) = 0.564</b>	<b>ESJI (KZ) = 8.771</b>	<b>IBI (India) = 4.260</b>
	<b>JIF = 1.500</b>	<b>SJIF (Morocco) = 7.184</b>	<b>OAJI (USA) = 0.350</b>

---

3. (2023). *Oracle VM VirtualBox*. Retrieved 05.12.2023 from <https://www.oracle.com/cis/virtualization/virtualbox/>
4. (2023). *Runtime options with Memory, CPUs, and GPUs*. Retrieved 10.12.2023 from [https://docs.docker.com/config/containers/resource\\_constraints/](https://docs.docker.com/config/containers/resource_constraints/)
5. (n.d.). *Znakomstvo s Docker ot A do YA: chto, zachem i pochemu*. Retrieved 02.12.2023 from [https://dzen.ru/a/YgJk9oSBFyq6\\_GbY](https://dzen.ru/a/YgJk9oSBFyq6_GbY)
6. (2023). *Kak v Python realizovany ochen' dlinnye chisla tipa integer?* Retrieved 02.12.2023 from <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/489258/>
7. (2023). *O tochnosti float v Python*. Retrieved 10.12.2023 from <https://tirinox.ru/float-python/>
8. (n.d.). *Osnovy virtualizatsii (obzor)*. Retrieved 02.12.2023 from <https://habr.com/ru/articles/657677/>
9. (2023). *Razbor osobennostey ofitsial'nogo Docker-obraza Python*. Retrieved 02.12.2023 from <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/516310/>
10. (2023). *Rukovodstvo po Docker Compose dlya nachinayushchikh*. Retrieved 02.12.2023 from <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/450312/>