

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

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: 04.12.2024 <http://T-Science.org>

Issue

Article



Ngounga Njoya Charles Emmanuel
 Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
 Bachelor

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

TESTING THE PERFORMANCE OF VIRTUAL MACHINES USING VMWARE WORKSTATION AND ORACLE VIRTUALBOX HYPERVISORS UNDER LINUX OS

Abstract: This article evaluates the performance of virtual machines using VMware Workstation and Oracle VirtualBox hypervisors under the Linux operating system. The study focuses on the performance of RAM and disk operations within virtual machines, comparing their behavior across the two hypervisors. Test scenarios include running resource-intensive applications and system operations. The results of the experiments, along with an in-depth analysis of the performance differences between the hypervisors, are presented.

Key words: Virtualization, Linux, Hypervisors, VMware Workstation, Oracle VirtualBox, RAM, Disk, Virtual Machines, Performance Testing.

Language: Russian

Citation: Emmanuel, N.N.Ch., & Sergeev, A. (2024). Testing the performance of virtual machines using VMware Workstation and Oracle VirtualBox hypervisors under linux OS. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 12 (140), 25-37.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-12-140-5> **Doi:** <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.12.140.5>

Scopus ASCC: 1701.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИПЕРВИЗОРОВ VMWARE WORKSTATION И ORACLE VIRTUALBOX ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОС LINUX

Аннотация: В этой статье проводится оценка производительности виртуальных машин с использованием гипервизоров VMware Workstation и Oracle VirtualBox под управлением операционной системы Linux. Основное внимание в исследовании уделяется производительности оперативной памяти и дисковых операций в виртуальных машинах, сравнивается их поведение в двух гипервизорах. Сценарии тестирования включают запуск ресурсоемких приложений и системных операций. Представлены результаты экспериментов, а также подробный анализ различий в производительности между гипервизорами.

Ключевые слова: Виртуализация, Linux, Гипервизор, рабочая станция VMware, Oracle VirtualBox, Оперативная память, Диск, Виртуальная машина, Тестирование производительности.

Введение

Виртуализация играет важную роль в современных вычислительных системах, позволяя эффективно использовать аппаратные ресурсы. Среди решений для виртуализации

широко применяются гипервизоры, такие как VMware Workstation и Oracle VirtualBox, которые обеспечивают изоляцию виртуальных машин от хостовой системы [11].

Производительность виртуальных машин имеет большое значение, особенно при

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

выполнении ресурсоемких операций, таких как работа с оперативной памятью и дисками. Это напрямую влияет на быстродействие приложений, выполняемых внутри виртуальных машин. Сравнение производительности виртуальных машин под управлением различных гипервизоров является актуальной задачей в условиях стремительного роста применения виртуализации. Существуют исследования, направленные на анализ производительности контейнеров и виртуальных машин, а также влияние выбора гипервизора на скорость работы системы. В некоторых работах [1, 2] рассматривалось, как виртуализация сказывается на производительности ввода-вывода данных при выполнении задач с интенсивным использованием ресурсов.

В других исследованиях [3, 4] акцент сделан на производительности файловых систем в зависимости от используемых технологий виртуализации. Например, различия в обработке операций чтения и записи на дисках между виртуальными машинами и физическим хостом показывают значительные отклонения.

Авторами статьи [5] была выполнена оценка вычислительных характеристик виртуальных машин и гипервизоров, работающих в высоконагруженных средах. В результате было показано, что правильный выбор гипервизора существенно влияет на производительность, особенно при параллельных вычислениях.

Цель данной работы — исследование производительности виртуальных машин под управлением гипервизоров VMware Workstation и Oracle VirtualBox в операционной системе Linux. В рамках исследования будет проведено тестирование скорости работы с оперативной памятью и дисками, а также анализ результатов с целью выявления оптимальных условий использования гипервизоров в различных сценариях.

Подход к тестированию

Параметры физической машины. Тестирование проводилось на хосте со следующими характеристиками:

- OS: Windows 11 Pro
- CPU: AMD Ryzen 7 5700U (8 ядер, 16 потоков, L1 512 Кб, L2 4 мб, L3 8 мб)
- Оперативная память: 32 GB DDR4-3200 МГц
- Диск: GVL-1TB 2280 (1024.2 GB, with PCIe Gen 3.0 x4, interface NVMe Express, version NVMe Express 1.4)

- Файловая система: Ext4

Параметры ВМ:

- Операционная система Ubuntu 24.04 LTS
- Процессор (2 логических ядра, 1 логический процессор)
- Объем оперативной памяти 4096 МБ;
- Объем видеопамати 128 МБ
- Дисковое хранилище (объем 20 Гб, образ фиксированного размера)
- Тип сетевого адаптера NAT.

Выбрать программу или программы, используемые для тестирования производительности. Необходимо обосновать выбор. В качестве программ для тестирования можно использовать Geekbench, Sysbench [14], Iometer, UNIXBench или какие-либо другие. Для оценки производительности использовался инструмент Phoronix Test Suite [10, 13]. Этот пакет с открытым исходным кодом представляет собой платформу для тестирования, которая включает в себя постоянно обновляемый набор тестов и профилей, позволяющих оценивать различные аспекты работы системы, такие как производительность процессора, скорость чтения/записи на жесткий диск [12], оперативную память, сеть и другие компоненты [9]. Phoronix Test Suite также предоставляет возможность загрузки результатов тестов и системных характеристик на openbenchmarking.org, что позволяет сравнивать их с данными других пользователей. Во время тестирования количество одновременно работающих виртуальных машин (ВМ) варьировалось от 1 до

2. Все активные ВМ были загружены соответствующими тестами. Когда запускались две машины одновременно, учитывался наименее успешный результат, так как он нагляднее демонстрирует преимущества и недостатки различных гипервизоров, таких как VMware Workstation и Oracle VirtualBox.

1. Тестирование производительности процессора

а. Encode-mp3

Тест "encode-mp3" в Phoronix Test Suite измеряет производительность системы при кодировании аудиофайлов в формат MP3. Он проверяет, как эффективно процессор справляется с задачами сжатия аудио. Результаты теста показывают, насколько быстро система может обрабатывать медиафайлы.

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 1 – Результаты тестирования (CPU)

Гипервизор	Количество одновременно работающих ВМ (в секунду)	
	1	2
VMware Workstation	11.24	12.14 18.27
Oracle VirtualBox	10.00	13.19 18.96

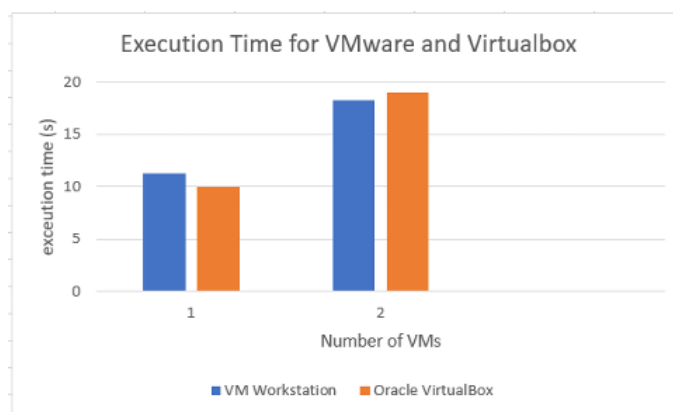


Рисунок 1 – График динамики результатов тестирования при изменении количества одновременно работающих ВМ.

Результат тестирования производительности VMware vs VirtualBox:

При использовании 1 виртуальной машины:

- VMware Workstation: 11,24 секунды активного времени виртуальной машины.
- Oracle VirtualBox: 10,00 секунд активного времени виртуальной машины.

При использовании 2 виртуальных машин:

- VMware Workstation: 18,27 секунды активного времени виртуальных машин.
- Oracle VirtualBox: 18,96 секунды активного времени виртуальных машин.

Процентное увеличение от 1 ВМ к 2 ВМ:

- VMware Workstation: $(18,27 - 11,24) / 11,24 * 100 = 62,55\%$
- Oracle VirtualBox: $(18,96 - 10,00) / 10,00 * 100 = 89,60\%$

Ключевые наблюдения:

1. Для одной виртуальной машины VMware Workstation показывает меньшее активное время (11,24 секунды) по сравнению с Oracle VirtualBox (10,00 секунд), что указывает

на лучшую производительность VMware для одной ВМ.

2. При запуске двух виртуальных машин, процентное увеличение активного времени было выше у Oracle VirtualBox (89,60%) по сравнению с VMware Workstation (62,55%).

Это свидетельствует о том, что Oracle VirtualBox менее эффективен в обработке конкуренции за ресурсы между несколькими виртуальными машинами по сравнению с VMware Workstation.

b.7-Zip compression

Тест "7-Zip Compression" оценивает производительность системы при сжатии данных. Он измеряет, насколько быстро процессор справляется с компрессией файлов. Тест использует алгоритм 7-Zip, нагружая систему различными задачами сжатия. Это позволяет оценить вычислительные возможности процессора. Высокие результаты показывают эффективность системы в задачах, требующих интенсивных вычислений, таких как архивирование больших объемов данных.

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 2 – Результаты тестирования (CPU)

Гипервизор	Количество одновременно работающих ВМ (в секунду)	
	1	2
VMware Workstation	1461	1900 2100
Oracle VirtualBox	1200	1700 1750

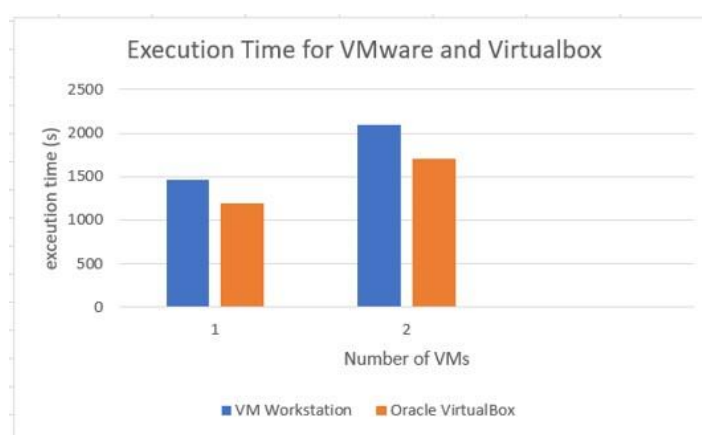


Рисунок 2 – График динамики результатов тестирования при изменении количества одновременно работающих ВМ.

Анализ производительности при переходе от 1 ВМ к 2 ВМ:

VMware Workstation:

- 1 ВМ: 1461 сек
- 2 ВМ: 900 сек

Снижение производительности: $(1461 - 900) / 1461 * 100 = 38.2\%$

Oracle VirtualBox:

- 1 ВМ: 1200 сек
- 2 ВМ: 700 сек

Снижение производительности: $(1200 - 700) / 1200 * 100 = 41.7\%$

Ключевые наблюдения:

- Снижение производительности при переходе от 1 ВМ к 2 ВМ составляет около 38% для VMware Workstation и 42% для Oracle VirtualBox.

- VMware Workstation показывает на ~60% большую производительность по сравнению с Oracle VirtualBox как в случае 1

ВМ, так и 2 ВМ.

ii. Тестирование производительности процессора

a. Encode-mp3

Тест "Stream" в Phoronix Test Suite оценивает пропускную способность памяти, измеряя скорость передачи данных между процессором и оперативной памятью. Это помогает понять общую производительность системы.

В тесте выполняются операции чтения, записи и копирования данных, что позволяет определить эффективность памяти при разных нагрузках. Результаты помогают оценить, как быстро система обрабатывает большие объемы информации.

Тест полезен для выявления слабых мест в производительности памяти. Высокие результаты свидетельствуют о том, что система эффективно справляется с нагрузками, что важно для задач с интенсивным использованием памяти. использования памяти.

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 тестирования Stream

Гипервизор	Количество одновременно работающих ВМ (мб/сек)	
	1	2
Oracle VirtualBox	8404.40	6250.53 5200.95
VMware Workstation	12700.52	7500.75 7200.56

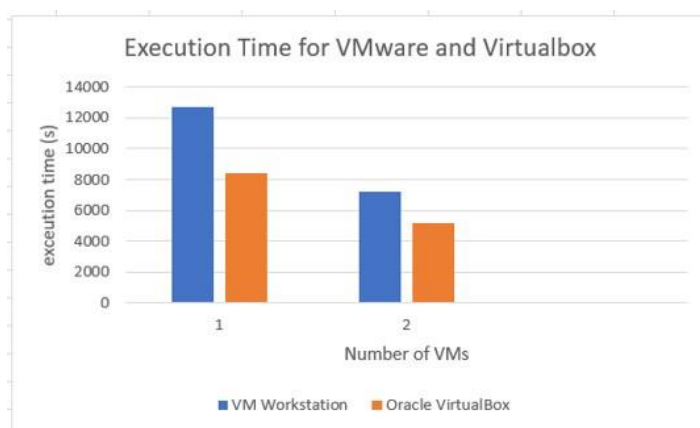


Рисунок 3 – График динамики результатов тестирования при изменении количества одновременно работающих ВМ.

Анализ производительности при увеличении количества ВМ:

VMware Workstation:

- 1 ВМ: 12700.52 мб/с
- 2 ВМ: 7200.56 мб/с

Снижение производительности: $(12700 - 7200.56) / 12700 * 100 = 43.3\%$

Oracle VirtualBox:

- 1 ВМ: 8404.40 мб/с
- 2 ВМ: 6250.33 мб/с

Снижение производительности: $(8404.40 - 6250.33) / 8404.40 * 100 = 25.7\%$

Ключевые наблюдения:

Снижение производительности при переходе от 1 ВМ к 2 ВМ выше у VMware Workstation (43.3%) по сравнению с Oracle VirtualBox (25.7%).

- Oracle VirtualBox демонстрирует более эффективное распределение ресурсов при работе нескольких ВМ с интенсивной нагрузкой на память.
- VMware Workstation изначально показывает более высокую производительность (12700 мб/с) по сравнению с Oracle VirtualBox

(8404.40 мб/с) в одновиртуальной среде, но снижается сильнее при добавлении второй ВМ.

b.Cachebench

Тест CacheBench проверяет производительность подсистемы памяти виртуальной машины, в частности кэш-памяти процессора (L1, L2, L3 кэши) и оперативной памяти. Он фокусируется на производительности и эффективности памяти, оценивая скорость доступа и пропускную способность кэшей и общей памяти системы.

CacheBench выполняет серию операций чтения, записи и копирования данных в памяти с различными паттернами доступа и размером блоков данных. Тест специально разработан для измерения пропускной способности и задержек при работе с памятью на разных уровнях кэширования. Он последовательно взаимодействует с кэшами L1, L2, L3 и основной памятью, выявляя характеристики производительности при различных сценариях использования памяти.

Для теста CacheBench более высокий результат (большая пропускная способность в МБ/с) означает лучшую производительность. То есть, чем больше объем данных может быть

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

передан через кэш-память за единицу времени, тем эффективнее работает подсистема памяти.

Поэтому больший результат теста является лучше.

Таблица 4 – Результаты тестирования CacheBench

Гипервизор	Количество одновременно работающих ВМ (мб/сек)	
	1	2
Oracle VirtualBox	7790.25	7100.59 7070.86
VMware Workstation	8972.28	6500.89 6452.78

iii. Тестирование производительности дисковой подсистемы a. Flexible IO Tester

Тест "Flexible IO Tester" в Phoronix Test Suite используется для оценки производительности системы ввода-вывода (I/O). Он измеряет скорость чтения и записи данных на жесткий диск или другие устройства хранения.

Этот тест позволяет оценить, как эффективно система обрабатывает различные

операции ввода-вывода, включая случайные и последовательные операции. Результаты помогают определить, насколько быстро система может работать с большими объемами данных.

Тест "Flexible IO Tester" полезен для диагностики и оптимизации работы жестких дисков и других накопителей. Высокие результаты показывают, что система может быстро и эффективно выполнять операции с данными.

Таблица 5 – Результаты тестирования FIO

Гипервизор	Количество одновременно работающих ВМ (мб/сек)	
	1	2
Oracle VirtualBox	46.47	40.43 38.82
VMware Workstation	50.65	46.10 45.92

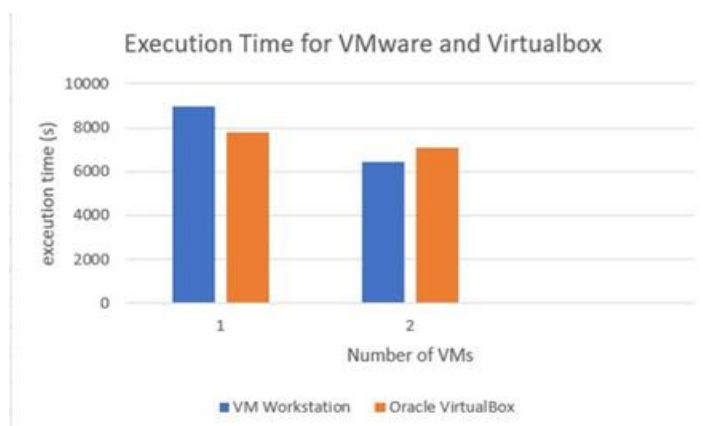


Рисунок 4 – График динамики результатов тестирования при изменении количества одновременно работающих ВМ.

Анализ снижения производительности при увеличении количества ВМ:

VMware Workstation демонстрирует

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

снижение производительности на 27,5% при переходе от 1 ВМ (8972,28 Мб/с) к 2 ВМ (6500,89 Мб/с).

В то же время, Oracle VirtualBox показывает меньшее снижение производительности - всего 9,2%, сократившись с 7790,25 Мб/с при 1 ВМ до 7070,86 Мб/с при 2 ВМ.

Это указывает на более эффективное управление ресурсами Oracle VirtualBox при

работе с несколькими ВМ с интенсивной нагрузкой на память по сравнению с VMware Workstation.

При работе с одной ВМ, производительность VMware Workstation немного выше, чем у Oracle VirtualBox.

Однако при увеличении количества ВМ до двух, преимущество VMware Workstation сокращается, и Oracle VirtualBox демонстрирует лучшую общую производительность.

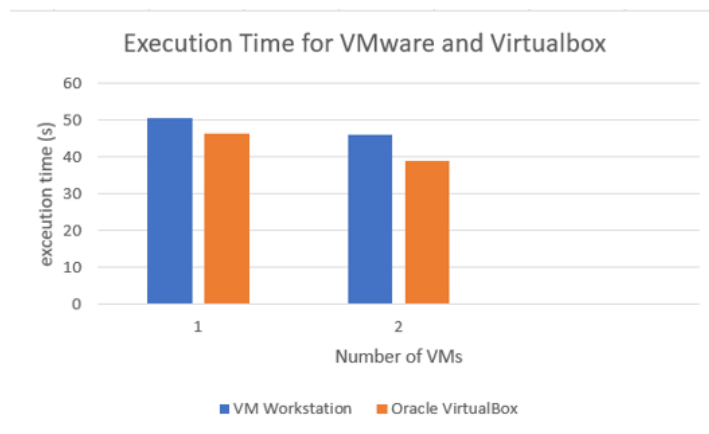


Рисунок 5 – График динамики результатов тестирования при изменении количества одновременно работающих ВМ

Анализ производительности при увеличении количества ВМ:

VMware Workstation:

- 1 ВМ: 50.65 мб/с
- 2 ВМ: 45.92 мб/с

Снижение производительности: $(50.65 - 45.92) / 50.65 * 100 = 9.4\%$

Oracle VirtualBox:

- 1 ВМ: 46.47 мб/с
- 2 ВМ: 38.82 мб/с

Снижение производительности: $(46.47 - 38.82) / 46.47 * 100 = 16.5\%$

Ключевые наблюдения:

- Снижение производительности при переходе от 1 ВМ к 2 ВМ ниже у VMware Workstation (9,4%) по сравнению с Oracle VirtualBox (16,5%).
- VMware Workstation демонстрирует изначально более высокую производительность (50,65 мб/с) по сравнению с Oracle VirtualBox (46,47 мб/с) при работе с одной ВМ.
- Несмотря на небольшой отрыв в одно виртуальной среде, VMware Workstation лучше масштабируется при увеличении количества ВМ.

b.Postmark

Тест PostMark – это бенчмарк, который оценивает производительность файловой системы при интенсивных операциях с небольшими файлами, наподобие тех, что происходят в почтовых серверах, веб-серверах и новостных приложениях.

Тестируется подсистема хранения данных виртуальной машины, то есть производительность дисковой системы и файловой системы при выполнении операций ввода-вывода. Это включает в себя операции создания, чтения, записи и удаления файлов.

PostMark выполняет серию операций, имитируя высоконагруженную среду с большим количеством небольших файлов. Он создаёт множество файлов с случайными данными и выполняет последовательность транзакций, включающую в себя:

- создание новых файлов;
- удаление существующих файлов;
- чтение из файлов;
- запись в файлы.

Во время теста измеряется скорость выполнения этих операций, то есть количество транзакций в секунду. Таким образом, PostMark оценивает, насколько эффективно файловая

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

система справляется с интенсивными операциями ввода-вывода.

Лучшим результатом является большее число транзакций в секунду. Это означает, что

система способна выполнять больше операций ввода-вывода за единицу времени, что свидетельствует о высокой производительности дисковой и файловой подсистемы при работе с небольшими файлами.

Таблица 6 – Результаты тестирования PostMark

Гипервизор	Количество одновременно работающих ВМ (оп/сек)	
	1	2
Oracle VirtualBox	1531	825 801
VMware Workstation	2316	1738 1693

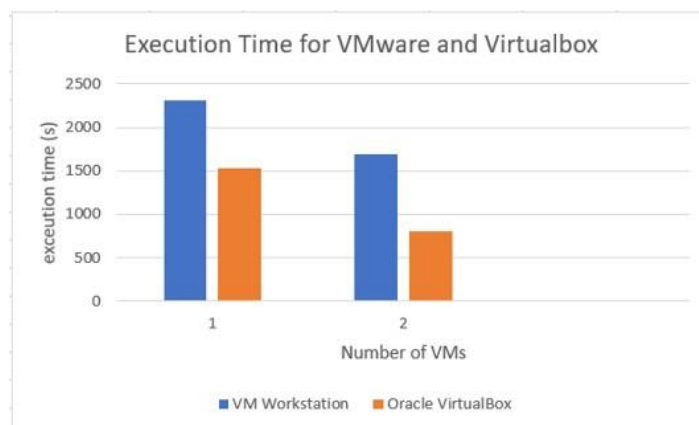


Рисунок 6 – График динамики результатов тестирования при изменении количества одновременно работающих ВМ

В сценарии с одной ВМ как VMware Workstation, так и Oracle VirtualBox демонстрируют схожие уровни производительности (2316 оп/сек и 1531 оп/сек соответственно). Это сходство указывает на то, что при использовании высокоскоростного интерфейса дискового хранилища PCIe Gen 3.0 x4 NVMe 1.3 и минимальной нагрузке в виде одной ВМ оба гипервизора эффективно используют доступные ресурсы, обеспечивая оптимальную производительность без существенных накладных расходов.

Однако при запуске двух ВМ наблюдается заметное расхождение в производительности: у VMware Workstation она снижается с 2316 оп/сек до 1693 оп/сек, в то время как у Oracle VirtualBox спад более значительный – с 1531 оп/сек до 801 оп/сек.

Важно отметить, что при использовании высокопроизводительного NVMe-хранилища на интерфейсе PCIe Gen 3.0 x4 ожидается

эффективная обработка параллельных операций ввода/вывода. Тем не менее, Oracle VirtualBox демонстрирует более резкое снижение производительности при переходе от одной к двум ВМ. Это может свидетельствовать о том, что VirtualBox менее эффективно масштабирует операции ввода/вывода при увеличении количества одновременных нагрузок, даже при наличии быстрого дискового интерфейса.

Различия в уровнях производительности между VMware Workstation и Oracle VirtualBox в сценарии с несколькими ВМ объясняется тем, что VMware Workstation более эффективно использует возможности высокоскоростного NVMe-хранилища. Это связано с оптимизированными механизмами обработки асинхронного ввода/вывода, более эффективными стратегиями кэширования и лучшей параллелизацией запросов ввода/вывода. В то же время, Oracle VirtualBox, несмотря на

Impact Factor:

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

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (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

использование быстрого NVMe-интерфейса, имеет ограничения в архитектуре обработки дисковых операций ввода/вывода, что приводит к возникновению узких мест при интенсивных параллельных нагрузках.

c.Iozone

Тест IOzone предназначен для измерения производительности подсистемы дискового ввода-вывода виртуальной машины. Он тестирует скорость работы файловой системы и дискового хранения, включая операции чтения и записи данных на диск.

IOzone выполняет ряд тестов, которые имитируют различные сценарии использования дисковой системы. Он создает файлы определенных размеров и выполняет над ними операции последовательного и случайного

чтения и записи. Замеряются показатели пропускной способности и времени отклика при выполнении этих операций. Тестирует следующие операции:

- последовательная запись;
- перезапись;
- последовательное чтение;
- повторное чтение;
- случайное чтение и запись.

Лучшим результатом в тесте IOzone является большой показатель пропускной способности. Большие результаты означают, что система способна быстрее выполнять операции ввода-вывода, что положительно сказывается на работе приложений и общей эффективности виртуальной машины.

Таблица 7 – Результаты тестирования IOzone

Гипервизор	Количество одновременно работающих ВМ (мб/сек)	
	1	2
Oracle VirtualBox	8.03	7.80 6.58
VMware Workstation	10.20	9.89 8.76

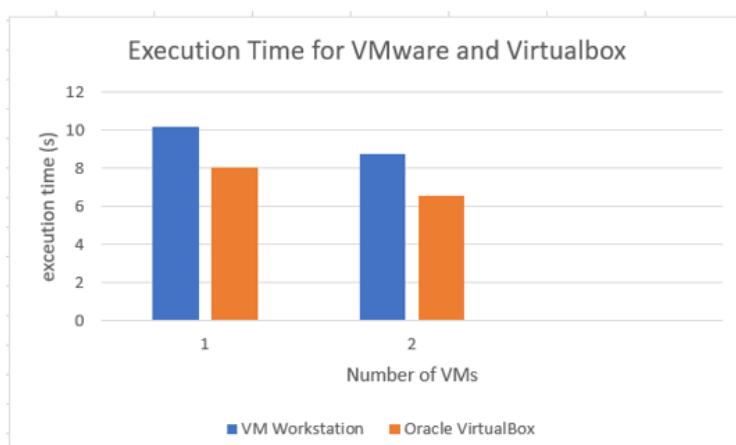


Рисунок 7 – График динамики результатов тестирования при изменении количества одновременно работающих ВМ

Результаты тестирования показывают, что VMware Workstation значительно превосходит Oracle VirtualBox, несмотря на использование высокоскоростного интерфейса PCIe Gen 3.0 x4 с поддержкой NVMe 1.3.

Производительность VMware Workstation составляет 10,20 МБ/сек при запуске одной виртуальной машины и снижается до 9,89 МБ/сек и 8,76 МБ/сек при запуске двух виртуальных машин. В то же время показатели

Oracle VirtualBox существенно ниже: 8,03 МБ/сек при одной ВМ и 7,80 МБ/сек и 6,58 МБ/сек при двух ВМ.

Такие низкие значения для Oracle VirtualBox обусловлены тем, что, несмотря на использование быстрого NVMe-хранилища через интерфейс PCIe Gen 3.0 x4, VirtualBox не эффективно использует его возможности. VMware Workstation, напротив, применяет более оптимизированные методы доступа к

Impact Factor:

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

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (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

диску хоста, включая эффективное кэширование и буферизацию дисковых операций. Это позволяет уменьшить количество прямых обращений к диску и увеличить скорость операций ввода/вывода.

Таким образом, разница в производительности между двумя гипервизорами может быть связана с тем, что VMware Workstation более эффективно использует преимущества высокоскоростного дискового интерфейса PCIe Gen 3.0 x4 NVMe 1.3. Oracle VirtualBox сталкивается с ограничениями в архитектуре обработки дисковых операций и менее эффективно масштабирует операции ввода/вывода при увеличении нагрузки, что приводит к значительному снижению производительности даже при использовании быстрого хранилища.

iv. Тестирование производительности двухмерной графики

GtkPerf (GtkComboBox)

GtkPerf тестирует графическую подсистему виртуальной машины, включая виртуальный графический адаптер и его способность эффективно отображать элементы графического интерфейса GTK+. Тестирование включает в себя оценку производительности рендеринга

виджетов и графических компонентов, что напрямую влияет на отзывчивость и плавность работы GUI-приложений в виртуальной среде.

Тест выполняет серию операций по рендерингу различных элементов интерфейса:

- кнопок (Buttons);
- текстовых полей (Entry Widgets);
- списков (List Widgets);
- комбо-боксов (Combo Boxes);
- прокрутки (Scrolling);
- других виджетов GTK+.

GtkPerf измеряет время, затраченное на повторяющееся отображение этих элементов, тем самым оценивая скорость и эффективность графической подсистемы при выполнении стандартных GUI-операций.

Лучшим результатом в тесте GtkPerf является меньшее время выполнения. То есть, меньшие значения показывают более высокую производительность графической подсистемы, так как система затрачивает меньше времени на рендеринг элементов интерфейса. Стремиться к минимальным временным показателям для обеспечения лучшей отзывчивости GUI-приложений.

Таблица 8 – Результаты тестирования GtkPerf

Гипервизор	Количество одновременно работающих ВМ (в секунду)	
	1	2
Oracle VirtualBox	156.65	295,86 300,45
VMware Workstation	97.71	155.89 152.46

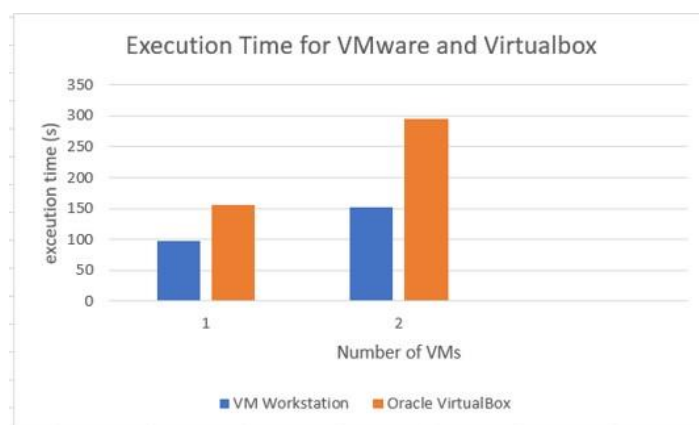


Рисунок 8 – График динамики результатов тестирования при изменении количества одновременно работающих ВМ

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

В VMware Workstation время выполнения возросло с 97,71 секунды до 155,89 секунды, что составляет увеличение примерно на 60%. В Oracle VirtualBox прирост был более значительным — с 156,65 секунды до 295,86 секунды, что соответствует увеличению примерно на 89%. Эти результаты указывают на то, что Oracle VirtualBox менее эффективно управляет ресурсами при высокой нагрузке, что свидетельствует о менее оптимизированной системе распределения ресурсов по сравнению с VMware Workstation.

Сравнивая производительность гипервизоров, можно заметить, что VMware Workstation стабильно демонстрирует более высокие показатели. Это связано с лучшей оптимизацией работы гипервизора с аппаратным обеспечением, более продвинутыми алгоритмами распределения ресурсов и более эффективной поддержкой выполнения виртуальных машин.

Следует также отметить, что в ходе тестирования на обе виртуальные машины в VMware Workstation были установлены VMware Tools. Это способствовало улучшению производительности, обеспечив дополнительную оптимизацию ввода-вывода и других ключевых процессов.

v.Синтетический тест производительности

Синтетический тест – это бенчмарк, который моделирует специфические задачи или нагрузки с целью изолированного измерения производительности отдельных компонентов системы. Он не отражает работу конкретных приложений или реальных сценариев использования, а предназначен для создания контролируемых условий, под которыми можно объективно сравнивать различные системы или конфигурации.

Sysbench

Тест Sysbench оценивает производительность CPU виртуальной машины. Sysbench проводит нагрузочное тестирование процессора путем выполнения вычислительных операций, таких как поиск простых чисел до заданного предела. Тест выполняет эти операции с использованием определенного количества потоков и измеряет время, затраченное на их выполнение. Это позволяет оценить, насколько эффективно процессор виртуальной машины справляется с интенсивными вычислительными задачами.

Лучшим является больший результат, то есть большая скорость выполнения теста. Большая скорость означает, что процессор справляется с вычислительными задачами быстрее, что свидетельствует о более высокой производительности CPU в виртуальной машине.

Таблица 9 – Результаты тестирования Sysbench

Гипервизор	Количество одновременно работающих ВМ (оп/сек)	
	1	2
Oracle VirtualBox	3500.41	2956.45 2887.34
VMware Workstation	3092.77	2652.89 2608.79

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

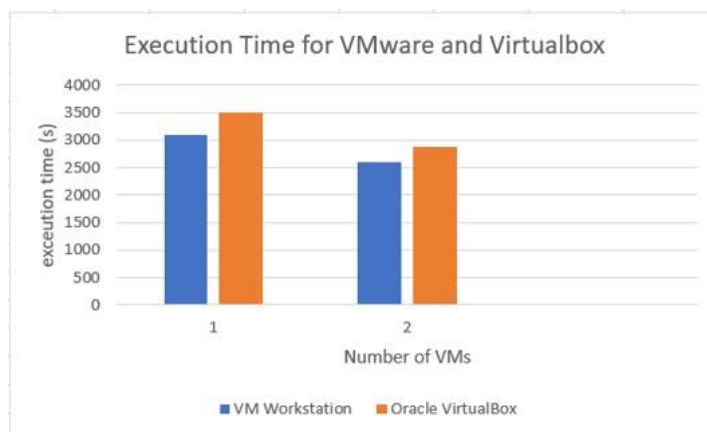


Рисунок 9 – График динамики результатов тестирования при изменении количества одновременно работающих ВМ

При увеличении числа ВМ с одной до двух производительность VMware Workstation снижается с 3092,77 операций в секунду до 2652,89 операций в секунду, что эквивалентно падению примерно на 14%. В Oracle VirtualBox это снижение составляет около 16% — производительность падает с 3500,41 до 2956,45 операций в секунду. Это говорит о том, что VMware Workstation лучше справляется с увеличением нагрузки по сравнению с VirtualBox, несмотря на особенности своей дисковой подсистемы.

Результаты показывают, что в CPU-тестах Sysbench Oracle VirtualBox демонстрирует более высокую производительность, чем VMware Workstation, как при одной, так и при двух активных виртуальных машинах. Это может быть связано с более эффективным управлением вычислительными ресурсами и лучшей оптимизацией работы с процессором в VirtualBox.

Однако в тестах, таких как Gzip Compression и OpenSSL, картина противоположная. Эти задачи сильно зависят от операций ввода-вывода и выигрывают от использования высокоскоростного интерфейса PCIe Gen 3.0 x4 NVMe 1.3, что дает VMware явное преимущество. Кроме того, задачи сжатия и шифрования активно используют специализированные инструкции и аппаратные ускорения, где VMware оказывается сильнее. В то время как тесты, основанные на базовых вычислениях процессора, такие как Sysbench, менее зависят от дисковой подсистемы, что позволяет VirtualBox показывать лучшие результаты.

Общие выводы

Выбор между VMware Workstation и Oracle VirtualBox во многом определяется спецификой выполняемых задач и требованиями к ресурсам.

VMware Workstation is preferable in cases where high processor performance and disk subsystem performance are crucial, especially for intensive I/O operations. The results obtained confirm the conclusions drawn in [6, 7]. This hypervisor also demonstrates excellent results in graphical applications working with two-dimensional graphics, which makes it preferable to use it when working with programs that have a complex graphical interface and also with two-dimensional graphics editors. Similar conclusions were drawn by the authors of the work [8].

С другой стороны, Oracle VirtualBox идеально подходит для сценариев, где требуется масштабирование и стабильность при запуске нескольких виртуальных машин. Он более эффективно распределяет ресурсы, что делает его привлекательным для работы с приложениями, требующими большого объема памяти, а также для тестирования и разработки программного обеспечения на рабочих станциях с несколькими виртуальными машинами, работающими одновременно.

Таким образом, каждый гипервизор имеет свои сильные стороны и области применения. VMware Workstation лучше подходит для высокопроизводительных задач, требующих быстрого доступа к диску, в то время как VirtualBox более эффективен в многозадачных средах, где важны стабильность и масштабируемость. Выбор зависит от конкретной производительности и требований к ресурсам.

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. Polenov, M., Guzik, V., & Lukyanov, V. (2019). "Hypervisors comparison and their performance testing" *Adv Intell Syst Comput.* 2019;763:148-57.
2. Khaji, F.A., Potluri, S.V., & Kakelli, A.K. (2021). "A Performance Analysis of Virtual Mail Server on Type-2 Hypervisors," *Walailak J Sci Technol.* 2021 Jun 28;18(13): Article 9845 (10 pages).
3. Morabito, R., Kjällman, J., & Komu, M. (2015). "Hypervisors vs. lightweight virtualization: A performance comparison," in *Proc - 2015 IEEE Int Conf Cloud Eng IC2E* 2015. 2015; 386-93.
4. Djordjevic, B., Timcenko, V., Kraljevic, N., & Macek, N. (2021). "File System Performance Comparison in Full Hardware Virtualization with ESXi, KVM, Hyper-V and Xen Hypervisors," in *Adv Electr Comput Eng.* 2021 Feb 28;21(1):11-20.
5. Aliev, I., Gazul, St., & Bobova, A. (2023). "Virtualization technologies and platforms: Comparative overview and updated performance tests," *AIP Conf. Proc.* 9 March 2023; 2700 (1): 040048. doi: 10.1063/5.0125249.
6. Sergeev, A., Rezedinova, E., & Khakhina, A. (2024). *Performance Testing of Virtualization Systems on the Assembly of Different Guest Prefabricated Systems.* AIP Conf. Proc. 3063, 030004(2024). Retrieved from <https://doi.org/10.1063/5.0196904>
7. Sergeev, A., Rezedinova, E., & Khakhina, A. (2022). "Docker Container Performance Comparison on Windows and Linux Operating Systems". in *IEEE Conference on Communication Information, Electronics and Energy System CIEES 2022 - Proc.* 2022.
8. Li, Z. (2021). "Comparison between common virtualizationsolutions:VMware Workstation, Hyper-V and Docker". In *2021 IEEE 3rd International Conference on Frontiers Technology of Information and Computer, ICFTI.* 2021. pp. 701-707.
9. Abdullah, M., Iqbal, W., & Bukhari, F. (2019). "Containers vs Virtual Machines for Auto-scaling Multi-tier Applications Under Dynamically Increasing Workloads". Vol.932, *Communications in Computer and Information Science.* 2019. pp. 153-167.
10. (2024). *Linuxconfig, How to install the latest Phoronix Test Suite on Ubuntu 18.04 Bionic Beaver.* Retrieved on 20/11/2024 from <https://linuxconfig.org/how-to-install-the-latest-phoronix-test-suite-on-ubuntu-18-04-bionic-beaver>
11. (2024). *AMD RYZEN 5700U Specs.* Retrieved on 19/11/2024 from <https://www.notebookcheck-ru.com/AMD-R7-5700U.545202.0.html>
12. (2024). *Results of encode-mp3 test performed on VirtualBox.* Retrieved on 19/11/2024 from <https://openbenchmarking.org/result/2411278-FO-FMPDKMGD771>
13. (2024). *Phoronix Github Source.* Retrieved on 19/11/2024 from <https://github.com/phoronix-test-suite/phoronix-test-suite>
14. (2024) *Installation of Sysbench on Linux.* Retrieved on 19/11/2024 from <https://linuxtechlab.com/benchmark-linux-systems-install-sysbench-tool/>