

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

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: 22.12.2024 <http://T-Science.org>

Issue

Article



Anatoly Sergeev

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
St.Petersburg, Russia
sergeev_av@spbstu.ru

Daria Amelchenko

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
Student,
St.Petersburg, Russia
amelchenko.do@edu.spbstu.ru

INVESTIGATING THE PERFORMANCE OF VIRTUAL MACHINES ON VMWARE WORKSTATION AND MICROSOFT HYPER-V

Abstract: In the context of the growing demand for virtualization technologies in modern computing systems, it has become increasingly relevant to study the impact of various factors on the performance of virtualization platforms. This paper presents the results of an experimental comparison of the effectiveness of VMware Workstation and Microsoft Hyper-V hypervisors within the Windows operating system environment. The main objective was to determine how hypervisors affect key system characteristics, including processing power, RAM, I/O speed, and GPU performance. Comprehensive testing was also conducted to obtain an integrated performance assessment. The data obtained will assist in determining the optimal choice of a hypervisor, considering specific requirements for software performance and hardware platform configuration.

Key words: VMware Workstation, Microsoft Hyper-V, performance test, hypervisor, Windows, virtualization technologies, virtual machines, load testing.

Language: Russian

Citation: Sergeev, A., & Amelchenko, D. (2024). Investigating the performance of virtual machines on VMware Workstation and Microsoft Hyper-V. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 12 (140), 274-284.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-12-140-33> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.12.140.33>
Scopus ASCC: 1712.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН НА VMWARE WORKSTATION И MICROSOFT HYPER-V

Аннотация: В контексте растущей востребованности технологий виртуализации в современных вычислительных системах актуальным становится исследование влияния различных факторов на производительность виртуализационных платформ. В данной работе представлены результаты экспериментального сравнения эффективности гипервизоров VMware Workstation и Microsoft Hyper-V в среде операционной системы Windows. Основной задачей было выяснить, как гипервизоры воздействуют на ключевые характеристики системы, включая вычислительную мощность процессора, объём оперативной памяти, скорость ввода-вывода и производительность графического процессора. Также было проведено комплексное тестирование для получения интегральной оценки эффективности. Полученные данные помогут определить оптимальный выбор гипервизора с учётом специфических требований к производительности программного обеспечения и конфигурации аппаратной платформы.

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

Ключевые слова: VMware Workstation, Microsoft Hyper-V, гипервизор, тестирование производительности, Windows, технологии виртуализации, виртуальные машины, нагрузочное тестирование.

Введение

Технологии виртуализации имеют более чем 30-летнюю историю и в настоящее время занимают центральное место в информационных технологиях, служа основой для сервисов нового поколения. Существует широкий спектр продуктов виртуализации, что ставит перед пользователями вопрос о выборе наиболее подходящего гипервизора. Однако в области виртуализации не существует единого решения, которое бы удовлетворяло потребности всех пользователей. Каждый продукт обладает своими уникальными преимуществами и недостатками, что требует тщательного анализа и оценки в зависимости от конкретных требований и условий эксплуатации.

Согласно мнению Тима Джонса [11], в области реализации технологий виртуальных машин (ВМ) можно выделить три ключевых подхода: тип 1 – автономные – запускаемые непосредственно на оборудовании (например, XenServer, VMware ESXi), тип 2 – хостовые – работающие поверх операционной системы (ОС) (например, VMware Workstation, VirtualBox), и тип 1+ – объединенный вариант первых двух. В этом случае есть тонкий гипервизор, управляющий аппаратными ресурсами и сервисной ОС, через которую ВМ получают доступ к физическим компонентам системы. Одним из примеров такого типа является Microsoft Hyper-V.

На данный момент можно выделить трех основных крупнейших разработчиков гипервизоров: VMware, Microsoft и Citrix Systems.

Актуальность тестирования гипервизоров объясняется необходимостью объективной оценки их производительности для выбора оптимального решения в условиях растущей сложности и разнообразия современных вычислительных задач.

Выбор гипервизоров Microsoft Hyper-V и VMware Workstation для сравнительного анализа обусловлен тем, что Microsoft и VMware являются гигантами в сфере виртуализации, предлагая решения с различной архитектурой и функциональностью. Hyper-V, как интегрированный компонент Windows, имеет тесную связь с операционной системой.

Тестирование позволяет оценить влияние этой интеграции на производительность по сравнению с VMware Workstation, который работает как отдельное приложение. Это может проиллюстрировать преимущества и недостатки каждого подхода, позволяя объективно сравнить производительность этих двух широко распространенных решений в однородной среде Windows.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Определить конфигурацию тестовой системы с учетом доступных аппаратных ресурсов.

2. Установить и настроить тестовое оборудование и программное обеспечение, создать виртуальные машины с одинаковыми параметрами на обоих гипервизорах.

3. Выполнить серию тестов производительности с использованием возможностей пакета PassMark PerformanceTest, измеряя ключевые показатели производительности.

4. Обработать собранные данные, провести статистический анализ, сравнить результаты тестирования VMware Workstation и Microsoft Hyper-V для выявления различий и закономерностей.

5. Проанализировать влияние различных параметров (например, количества ядер процессора (ЦП), объема оперативной памяти (ОЗУ), типа хранилища) на производительность гипервизоров.

Тестирование позволит сравнить VMware Workstation и Microsoft Hyper-V по показателям производительности в различных сценариях нагрузки, учитывая влияние конфигурации оборудования. Результаты предоставят количественные данные и рекомендации по выбору гипервизора, оптимизируя соотношение цена/производительность для конкретных задач.

В области виртуализации довольно широко распространены исследования по тестированию производительности гипервизоров, охватывающие широкий спектр методик и конфигураций. Такое разнообразие не позволяет сформировать единого мнения специалистов о наилучшем решении среди существующих систем в данной сфере.

Борислав Джорджевич, Раде Фуртула и Валентина Тимченко посвятили свою работу [1] **Ошибка! Источник ссылки не найден.** и исследованию производительности виртуализации на основе гипервизоров Hyper-V и ESXi. Одним из ключевых этапов тестирования являлось сравнение гостевых систем на основе показателей работы операционных систем Windows Server 2016 и Centos 7 при одинаковой нагрузке и аппаратной конфигурации. В итоге Hyper-V показал несколько лучшие результаты в тестах файловой системы (FS) с Windows Server 2016, в то время как ESXi работал медленнее при загрузке трёх виртуальных машин, особенно с Centos.

В статье Цзыюй Ли [2] рассматриваются архитектуры и производительность VMware Workstation, Hyper-V и Docker, выявляя их

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

преимущества и недостатки. Сделав акцент на результатах тестирования гипервизоров Hyper V и VMware Workstation, можно сказать, что вторая из них в среде Ubuntu работает лучше во всех аспектах, в то время как в Windows 10 ее преимущества снижаются с точки зрения скорости работы жесткого диска и ввода-вывода оперативной памяти. По мнению автора, это может быть связано с оптимизацией Hyper-V для Windows, поддержку которой обеспечивает корпорация Майкрософт.

Цель статьи авторов Никола Давидович и др. [3] заключалась в оценке и сравнении производительности Hyper-V с паравиртуализированным гостевым сервером MS Windows Server 2016 и XenServer, использующим для данного программного обеспечения полную виртуализацию. Результаты показали, что Hyper-V демонстрирует значительно лучшую производительность по сравнению с XenServer. Особенно заметна разница при передаче больших объемов данных, где преимущества паравиртуализации становятся очевидными.

В статье [4] сравнивается производительность трех гипервизоров типа 2: VMware Workstation Player, VirtualBox и MS Hyper-V в среде Windows 10 Pro. Тестирование проводилось с использованием инструмента HD Tune Pro на одной, двух и трех виртуальных машинах с гостевой ОС Windows 10 Pro. Результаты показали, что MS Hyper-V лучше справляется с небольшими блоками данных благодаря низкой задержке, VirtualBox демонстрирует хорошие результаты с блоками среднего размера, а VMware Workstation Player доминирует в обработке больших последовательных блоков.

Самад Салехи Колах и др. [5] сравнивали сетевую производительность Hyper-V и vSphere с использованием IPv4 и IPv6. Результаты показали, что VMware (vSphere) обеспечивает более высокую пропускную способность, меньшую задержку и использует меньше ресурсов процессора по сравнению с Hyper-V. Однако, последний демонстрирует более высокие значения RTT (время, необходимое для прохождения данных в рамках сетевого запроса от начальной точки до места назначения и обратно) по сравнению с VMware.

В статье [6] проводится качественная и количественная оценка производительности трех ведущих гипервизоров виртуализации: VMware ESXi 5, Microsoft Hyper-V 2008 R2 и Citrix Xen Server 6.0.2. В первом сценарии тестирования VMware ESXi 5 показал наилучшие результаты по эффективности работы базы данных SQL. Во втором сценарии, при увеличении нагрузки, Citrix Xen Server 6.0.2 продемонстрировал высокую производительность, но при достижении 98% потребления памяти его эффективность снизилась,

уступив Hyper-V 2008 R2. В третьем сценарии Hyper-V 2012 RC показал улучшенные показатели обработки памяти и дисковых операций ввода-вывода по сравнению с Hyper-V 2008 R2, но с более высокой загрузкой процессора.

Сравнительный тест VMware Workstation и Oracle VirtualBox [7] позволил сделать следующие выводы: VMware Workstation рекомендуется для сценариев, где важна высокая производительность процессора и скорость дисковой подсистемы; Oracle VirtualBox лучше подходит для мультивиртуальных сред, обеспечивая масштабируемость и стабильную производительность при увеличении числа виртуальных машин.

В статье [8] рассматривается методология тестирования производительности систем виртуализации (Oracle Virtual Box, VMware Workstation, Microsoft Hyper-V) с использованием гостевых ОС Windows и Ubuntu. Разработанная кроссплатформенная программа включает 14 тестов. Результаты показали, что производительность в Ubuntu примерно одинакова для всех систем, тогда как VMware Workstation превосходит другие при работе с Windows. Время выполнения тестов в Ubuntu значительно короче, а на хосте с Windows оно в два раза больше, чем в гостевой среде. Интенсивная работа с памятью приводит к значительному снижению производительности.

С использованием Passmark и SIGAR в облачной среде была произведена оценка производительности четырех гипервизоров [9]: VMware ESXi, XenServer, Hyper-V и KVM. Результаты показывают, что VMware ESXi демонстрирует наилучшие показатели по доступным ЦП, памяти, дисковому вводу-выводу и сетевой производительности. KVM требует улучшений во всех этих областях. Hyper-V показывает хорошие результаты по памяти и сети, а XenServer выделяется в области памяти и дискового ввода-вывода.

В статье [10] рассматривается тестирование гипервизоров с использованием стандартных настроек для учета неопытных пользователей. Все три гипервизора успешно запустили ОС Windows и Linux, за исключением Hyper-V, который не смог запуститься из-за нехватки оперативной памяти. VMware vSphere использует память по мере необходимости, но требует больше ресурсов, в то время как XenServer поддерживает множество гостевых ОС, но для расширенных функций нужна платная версия.

1. Описание конфигураций и тестов

Ниже представлена конфигурация системы хоста и виртуальных машин, использованных в тестировании.

Используемое оборудование:

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

• Intel(R) Core(TM) i5-8300H CPU @ 2.30GHz, 2304 МГц;

• 4 ядра центрального процессора (8 логических);

• 16 ГБ оперативной памяти;

• SSD накопитель Kingston NV1 SNVS/2000G 2ТБ, M.2 2280, PCIe 3.0 x4, NVMe, rtl;

• Windows 10 Pro.

Параметры виртуальной машины:

• 1 виртуальный процессор;

• 2 ГБ оперативной памяти;

• Статический диск формата VHDX на 30 Гб;

• Video memory 128 MB;

• Windows Server 2016;

Выбор параметров виртуальной машины (ВМ) производился с учетом возможностей и существующих ограничений хост-системы, избегая избыточности, позволяя выявить влияние гипервизоров на производительность. При использовании VMware Workstation на операционную систему был установлен пакет VMware Tools. Остальные настройки операционных систем идентичны.

Теоретически, выделенные ресурсы позволяют существовать нескольким виртуальным машинам со значительно меньшей зависимостью по производительности друг от друга одновременно – в идеальном случае они могут существовать изолировано в оперативной памяти и на процессоре. Важно отметить, что все настройки операционных систем были выставлены идентично.

Выделение одного ядра виртуальной машине связано с ограниченностью физических ресурсов хост-системы. В данном случае хост имеет всего четыре физических ядра, и запуск нескольких ВМ с большим количеством ядер приведёт к перегрузке процессора и не позволит объективно оценить производительность гипервизора.

Объема оперативной памяти в 2 ГБ достаточно для нормальной работы Windows Server 2016 и запуска большинства стандартных приложений.

Использование статического диска VHDX обеспечивает предсказуемую производительность, избегая фрагментации и динамического выделения дискового пространства. Размер в 30 ГБ достаточно для установки и работы операционной системы и необходимых приложений.

В качестве программы для тестирования было решено использовать PassMark Performance Test по следующим причинам:

1. PassMark PerformanceTest предоставляет широкий спектр тестов, охватывающих различные аспекты производительности системы, включая процессор, память, графический процессор,

жесткий диск и другие компоненты. Это позволяет получить целостную картину производительности.

2. Данная утилита предоставляет рейтинги и сравнительные данные, позволяющие сравнить результаты тестирования с другими системами и конфигурациями. Это полезно для оценки производительности относительно эталона.

3. Программа относительно проста в использовании, что упрощает процесс тестирования и анализа результатов. Содержит коллекцию данных о других компьютерах, что позволяет сравнить производительность с реальными машинами.

Во всех тестах более высокое значение mark (показатель, определенный разработчиками в рамках данной утилиты) указывает на лучшую производительность системы или её компонента.

1. CPU: обширное тестирование процессоров с поддержкой Hyper-threading и мультипроцессоров. Выполняет сложные математические вычисления, связанные со сжатием, шифрование и моделирование физических процессов.

2. Оперативная память: этот набор тестирует подсистему памяти (ОЗУ) компьютера. Включены наборы действий с базами данных, кэшированные и некешированные операции чтения, записи, времени ожидания и тесты потокового чтения.

3. Дисковая подсистема: этот набор тестирует запоминающие устройства (жёсткий диск, твердотельные накопители, оптические приводы и т.д.), подключённые к компьютеру. Включает в себя последовательное чтение, последовательную запись, хаотичное чтение, запись и количество операций ввода-вывода в секунду.

4. Двумерная графика: этот набор тестирует способность видеокарты выполнять двумерные графические операции для стандартных приложений, таких как текстовые редакторы, веб-браузеры и программы автоматизированного проектирования. Он включает в себя отрисовку простых и сложных векторов, шрифтов и текста, компонентов пользовательского интерфейса Windows, фильтров изображений, отрисовку изображений и Direct 2D.

5. Синтетический тест производительности: включает в себя все вышеперечисленные тесты.

2. Результаты

2.1. Результаты тестирования для Microsoft Hyper-V

В таблице 1 представлены показатели, отражающие производительность каждой виртуальной машины гипервизора Hyper-V в различных сценариях нагрузки, включая значения по ЦП, памяти, дисковой подсистеме и графической производительности. Более высокие значения указывают на лучшую

Impact Factor:

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

SIS (USA) = 0.912
 ПИНЦ (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

производительность, что позволяет проанализировать, как распределение ресурсов влияет на работу каждой виртуальной машины.

Таблица 1. Результаты тестирования производительности ВМ в среде гипервизора Hyper-V

Количество ВМ	№ВМ	Тест				
		ЦП	Память	Дисковая подсистема	2D графика	Синтетический тест производительности
1	1055	1026	4742	51	1248	1055
2	993	910	4516	48	979	993
	990	919	4667	45	970	990
3	934	826	4094	41	922	934
	919	801	4023	41	910	919
	922	818	3990	43	969	922

Далее представлены графики результатов тестов производительности гипервизора Hyper-V (рисунки 1–5). Для наглядности на графиках отображены средние значения показателей

производительности. Это позволяет сгладить случайные колебания показателей отдельных замеров и выявить общие тенденции в производительности каждого гипервизора.

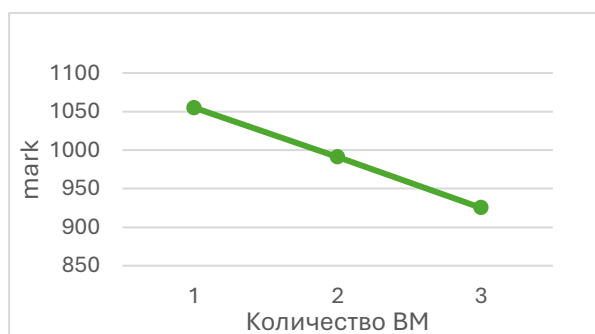


Рисунок 1. Производительность ЦП в среде Hyper-V



Рисунок 2. Производительность ОЗУ в среде Hyper-V

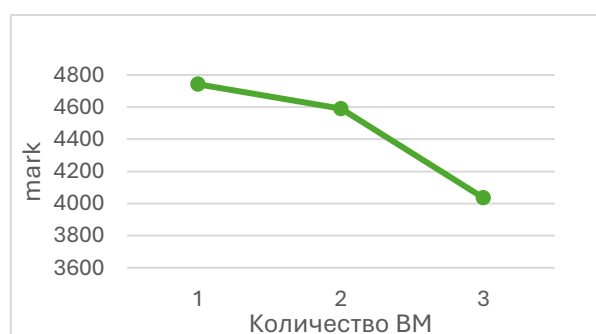


Рисунок 3. Производительность диска в среде Hyper-V

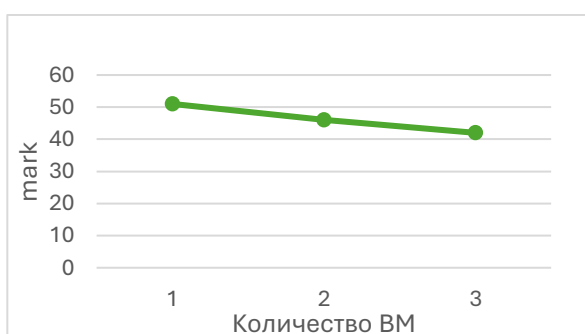


Рисунок 4. Производительность видеокарты при обработке 2D-графики в среде Hyper-V

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 5. Комплексная производительность

Было установлено, что увеличение количества одновременно работающих ВМ приводит к снижению эффективности системы. Это снижение наиболее заметно проявилось в производительности дисковых подсистем. Кроме того, наблюдались значительные колебания значений отдельных ВМ, что свидетельствует о неравномерном распределении ресурсов.

Наблюдаемое ухудшение производительности обусловлено ограниченностью аппаратных ресурсов и конкуренцией за них между гостевыми операционными системами ВМ и ОС хоста. В частности, при одновременной работе трёх ВМ наблюдается большее снижение

производительности центрального процессора по сравнению с меньшим числом ВМ, что объясняется дополнительной нагрузкой на процессор, связанной с функционированием хост-системы.

2.2. Результаты тестирования для VMware.

В таблице 2 представлены показатели, отражающие производительность каждой виртуальной машины гипервизора VMware Workstation. Наибольшие значения также указывают на лучшую эффективность системы.

Таблица 2. Результаты тестирования производительности ВМ в среде гипервизора VMware.

Количество ВМ	№ВМ	Тест				
		ЦП	Память	Дисковая подсистема	2D графика	Синтетический тест производительности
1	1	1026	4742	51	1248	1055
2	1	910	4516	48	979	993
	2	919	4667	45	970	990
3	1	826	4094	41	922	934
	2	801	4023	41	910	919
	3	818	3990	43	969	922

Далее представлены сравнительные графики результатов тестов производительности гипервизоров (рисунки 6–10). За основу взяты средние значения показателей.

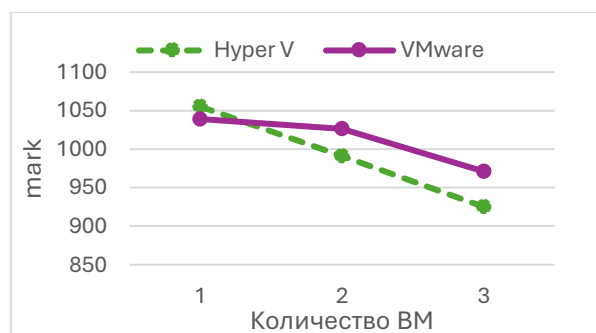


Рисунок 6. Производительность ЦП

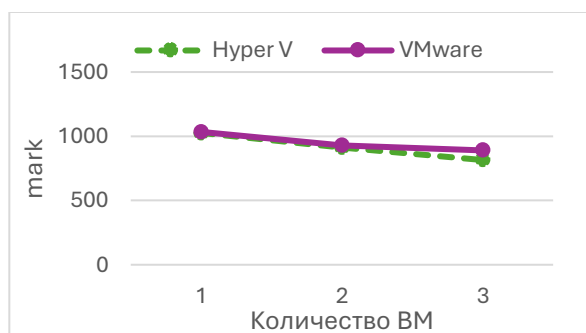


Рисунок 7. Производительность ОЗУ

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

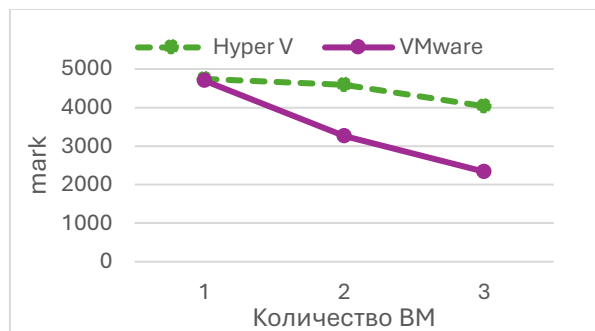


Рисунок 8. Производительность диска

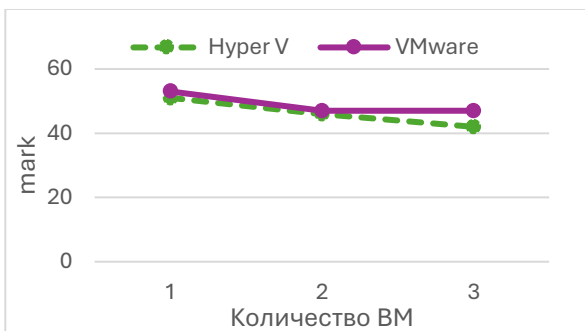


Рисунок 9. Производительность видеокарты при обработке 2D-графики

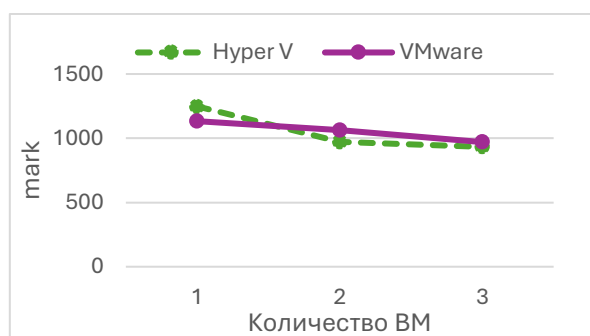


Рисунок 10. Комплексная производительность

На основе полученных результатов можно предположить, что в условиях ограниченных ресурсов хост-системы Microsoft Hyper-V демонстрирует более эффективное управление ресурсами и более стабильную производительность при работе с несколькими ВМ по сравнению с VMware Workstation.

Наиболее значимые различия наблюдаются в производительности дисковой подсистемы. В Hyper-V производительность диска падает более плавно с увеличением числа ВМ, тогда как в VMware Workstation наблюдается резкое снижение производительности.

Стабильная работа системы играет ключевую роль, поскольку снижает риск неожиданных сбоев и замедлений, что обеспечивает бесперебойную работу и предотвращает потери времени и ресурсов. Кроме того, стабильность системы гарантирует высокое качество обслуживания пользователей и клиентов, повышая их удовлетворённость. Наконец, она позволяет точно прогнозировать, сколько времени потребуется для выполнения определённых задач.

Синтетический тест производительности показывает, что в целом Hyper-V демонстрирует более стабильные результаты при переходе к 2-м и 3-м ВМ, чем VMware Workstation. Хотя снижение производительности наблюдается в обоих случаях, в VMware Workstation это снижение сильнее выражено.

Тесная интеграция Hyper-V с Microsoft обеспечивает ряд преимуществ, способствующих стабильной работе ВМ с Windows. Оптимизированное взаимодействие компонентов, улучшенная совместимость драйверов и усовершенствованные механизмы управления ресурсами способствует повышению надёжности и производительности виртуальных машин.

В обоих гипервизорах наблюдается вариативность значений для разных ВМ, работающих одновременно. Это может быть связано с неравномерным распределением ресурсов гипервизором, а также с тем, что запуск тестов происходит не одновременно (отставание в 2–3 секунды). В связи с последним показатели машин, завершивших тесты позже, оказываются выше из-за уменьшения конкурентной нагрузки.

Преимущественно, ВМ ведут себя стабильно. Это связано с тем, что хост обладает относительно мощными характеристиками (процессор i5-8300H, 16 ГБ ОЗУ, быстрый SSD). Даже с тремя ВМ, каждая из которых потребляет 2 ГБ ОЗУ и 1 ядро, у гипервизора и ВМ остаётся достаточно ресурсов для работы без сильного снижения производительности.

На рисунке 11 проиллюстрирована производительность центрального процессора без нагрузки.

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

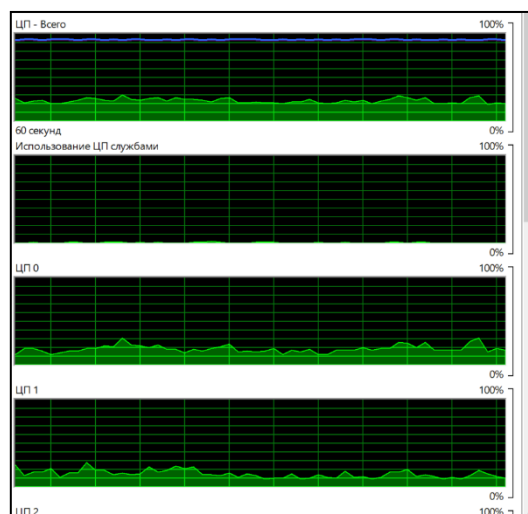


Рисунок 11. Работа CPU без нагрузки

На рисунках 12 и 13 показана загрузка виртуальных процессоров одной и тремя виртуальными машинами гипервизора VMware Workstation. Видно, что ресурсы между

процессорами распределяются равномерно — это обеспечивает стабильную работу ВМ и хоста без значимых потерь. Для Hyper-V нагрузка и распределение происходят аналогично.

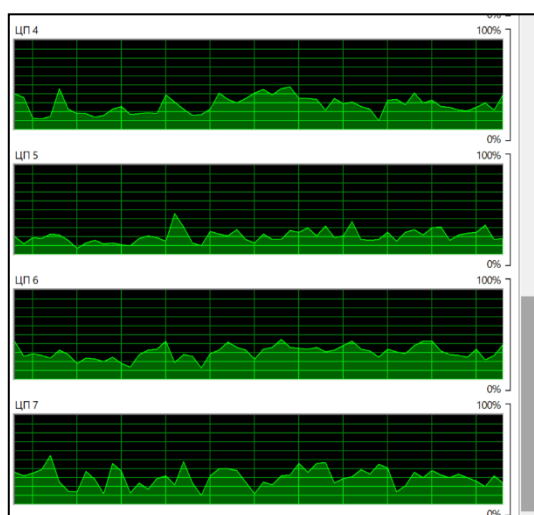


Рисунок 12. Работа CPU с нагрузкой одной активной ВМ в среде VMware Workstation

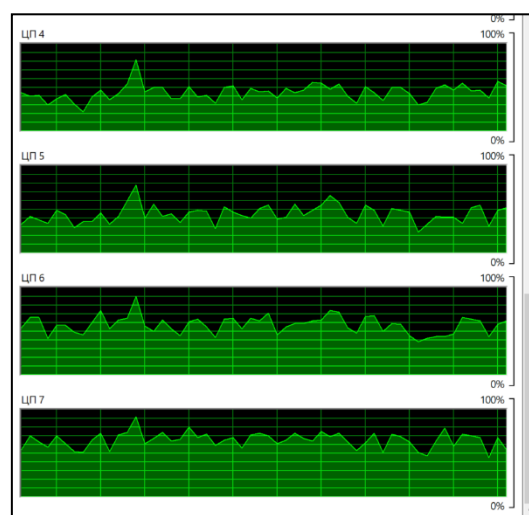


Рисунок 13. Работа CPU с нагрузкой трех активных ВМ в среде VMware Workstation

В таблице 2 наблюдаются значительные различия в тестовых значениях производительности SSD. Проанализируем диаграммы, иллюстрирующие производительность

дисковой подсистемы. На рисунке 14 представлена производительность SSD без нагрузки.

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

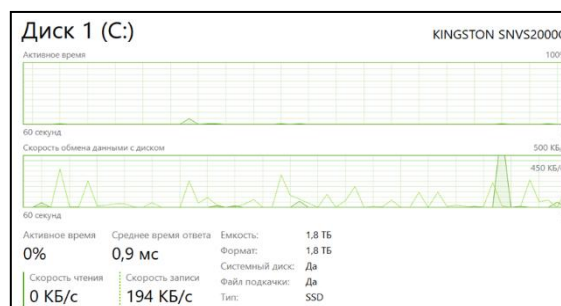


Рисунок 14. Работа SSD без нагрузки

На рисунках 15–17 – нагрузка тестированием одной и трех виртуальных машин соответственно.

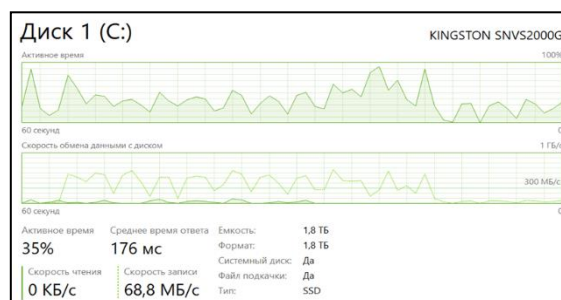


Рисунок 15. Работа SSD с нагрузкой одной активной ВМ в среде VMware Workstation

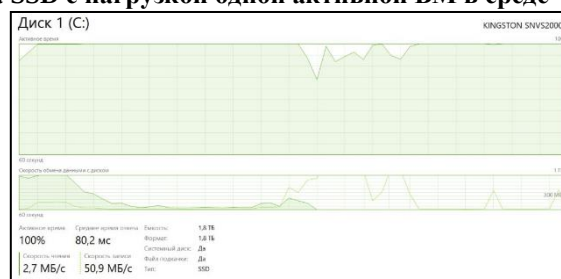


Рисунок 16. Работа SSD с нагрузкой трех активных ВМ в среде VMware Workstation

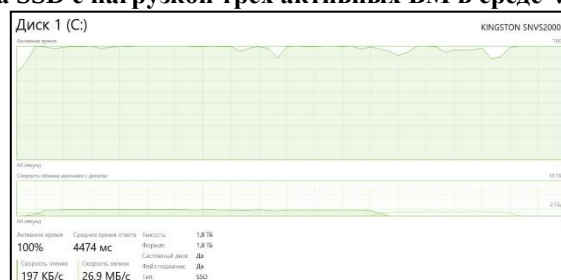


Рисунок 17. Работа SSD с нагрузкой трех активных ВМ в среде Hyper-V

В связи с высокой нагрузкой на диск, достигающей порога в 100%, наблюдается значительное снижение производительности при увеличении количества виртуальных машин (ВМ) до трех. Конкуренция за доступ к дисковым ресурсам возрастает, что приводит к увеличению времени отклика и задержек в обработке запросов. Соответственно, падают показатели тестового сценария.

Кроме того, при высокой загрузке дисковой подсистемы может возникать эффект "узкого места", когда скорость передачи данных снижается

из-за ограниченной пропускной способности накопителя. Это особенно критично для приложений, требующих высокой производительности, таких как базы данных или виртуализированные серверы, где задержки могут негативно сказаться на общей эффективности работы системы.

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что Hyper-V контролирует работу дисковой подсистемы намного лучше VMware. Такая особенность отмечалась и в работах других авторов [1], [2], [3].

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

Далее представлены сравнительные графики результатов тестов производительности гипервизоров. Для наглядности на графиках отображены средние значения показателей производительности. Это позволяет сгладить случайные колебания показателей отдельных замеров и выявить общие тенденции в производительности каждого гипервизора.

Для анализа процентного соотношения результатов тестирования производительности виртуальных машин (ВМ) в средах гипервизоров Hyper-V и VMware произведем расчет средних значений по каждому из параметров, используя формулы (1) и (2).

$$k = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m}, \quad (1)$$

$$s = \frac{\sum_{j=1}^m k_j}{m}, \quad (2)$$

где m – количество виртуальных машин;

p – значение параметра одной виртуальной машины;

k – среднее значение параметра в пределах количества машин m ;

s – среднее значение параметра с учетом всех виртуальных машин.

Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты тестирования производительности ВМ в среде гипервизора Hyper-V

Гипервизор	ЦП	Память	Дисковая подсистема	2D графика	Синтетический тест производительности
Hyper-V	990	918	4456	46	1052
VMware	1012	951	3430	49	1056

Расчет процентного соотношения показателей Hyper-V к результатам VMware для каждой метрики осуществлялся по формуле (3).

$$g = \frac{a}{b} \times 100\%, \quad (3)$$

где a – среднее значение производительности Hyper-V;

b – среднее значение производительности VMware.

Результаты вычислений занесены в таблицу 4.

Таблица 4. Процентное соотношение производительности Hyper-V к VMware

ЦП	Память	Дисковая подсистема	2D графика
97.83%	96.52%	129.93%	93.88%

На основе полученных значений можно сделать выводы о производительности гипервизоров в отношении каждого тестируемого параметра. Важно отметить, что процент, превышающий значение 100%, свидетельствует о более высокой производительности Hyper-V.

1. ЦП: производительность ЦП в Hyper-V составляет почти 98% от производительности VMware, что указывает на сопоставимую эффективность в этой области.

2. Память: производительность памяти также близка к VMware, составив около 96.5%, что свидетельствует о хорошей работе гипервизора Hyper-V.

3. Дисковая подсистема: Hyper-V значительно превосходит VMware в производительности дисковой подсистемы, достигая почти 130%. Это указывает на более эффективное использование дисковых ресурсов в среде Hyper-V.

4. 2D графика: производительность в области 2D графики несколько ниже, около 93.9%,

что может указывать на необходимость оптимизации в этой области.

В целом, результаты показывают, что Hyper-V демонстрирует конкурентоспособную производительность по сравнению с VMware, особенно в области дисковой подсистемы, в то время как в других метриках наблюдается небольшое отставание.

Выводы

Анализ полученных результатов тестирования показал снижение производительности VMware Workstation и Microsoft Hyper-V с ростом числа одновременно работающих виртуальных машин. Однако, значительная вариативность результатов затрудняет однозначное определение превосходства одного гипервизора над другим. VMware Workstation продемонстрировал более резкое снижение производительности дисковой подсистемы по сравнению с Hyper-V, в то время

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

как Hyper-V показал более стабильную производительность в целом.

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что VMware Workstation показывает более высокую производительность при работе с очень ресурсоемкими приложениями, требующими большого количества ЦП и памяти, поэтому его использование будет более

целесообразным для таких задач. С другой стороны, Hyper-V входит в состав не только операционной системы Windows Server, но и в большинство десктопных версий Windows. Для использования Hyper-V не требуется скачивать и устанавливать программный продукт стороннего производителя, достаточно просто активировать его в операционной системе.

References:

1. Djordjevic, B., Furtula, R., & Timcenko, V. (2020). *VMware ESXi and Microsoft Hyper-V Hypervisor Performance Comparison*. 1-4. 10.1109/TELFOR51502.2020.9306625.
2. Li, Z. (2021). "Comparison between common virtualization solutions: VMware Workstation, Hyper-V and Docker," 2021 IEEE 3rd International Conference on Frontiers Technology of Information and Computer (ICFTIC), Greenville, SC, USA, 2021, pp. 701-707, doi: 10.1109/ICFTIC54370.2021.9647226.
3. Đorđević, B., Timčenko, V., Savić, S., & Davidović, N. (2020). "Comparing Hypervisor Virtualization Performance with the Example of Citrix Hypervisor (XenServer) and Microsoft Hyper-V," 2020 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/INFOTEH48170.2020.9066288.
4. Djordjević, B., Timčenko, V., Kraljević, N., Jovičić, I., & Davidović, N. (2023). "Comparison of VMware Workstation, VirtualBox and MS Hyper-V hypervisor performance with MS Windows OS based guests," 2023 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/INFOTEH57020.2023.10094080.
5. Kolahi, S., Hora, V., Singh, A., Bhatti, Sh., & Yeeda, S. (2020). *Performance Comparison of Cloud Computing/IoT Virtualization Software, Hyper-V vs vSphere*. 1-6. 10.1109/ASET48392.2020.9118185.
6. Elsayed, A., & Abdelbaki, N. (2013). "Performance evaluation and comparison of the top market virtualization hypervisors," 2013 8th International Conference on Computer Engineering & Systems (ICCES), Cairo, Egypt, 2013, pp. 45-50, doi: 10.1109/ICCES.2013.6707169.
7. Sergeev, A., & Zhemchugova, E. (2024). Comparative performance improvement of vmware workstation and oracle virtualbox hypervisors. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 11 (139), 203-214. Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-11-139-26> Doi: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2024.11.139.26>
8. Sergeev, A., Rezedinova, E., & Khakhina, A. (2024). *Performance testing of virtualization systems on the assembly of different guest prefabricated systems*. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 030004. Retrieved from <https://doi.org/10.1063/5.0196904>
9. Budhprakash Dr.Anupam Bhatia, & Dr. Gurjeetsingh Bhattal. (2016). A comparative study of Various Hypervisors Performance. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 7, Issue 12, December-2016, pp: 65-71, ISSN 2229-5518.
10. Polenov, M., Guzik, V., & Lukyanov, V. (2018). Hypervisors Comparison and Their Performance Testing. *Software Engineering and Algorithms in Intelligent Systems*, 148-157. doi:10.1007/978-3-319-91186-116.
11. Jones, T.M. (2023). *Virtualization for embedded systems. Architecture and capabilities of hypervisors for embedded devices*: Retrieved 14.12.2023 from <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-embedded-virtualization/>