

УДК 004.054

Поддубная Я.С.

студент

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Чурсина С.С.

студент

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФАЙЛОВЫХ СИСТЕМ WINDOWS SERVER: FAT32, NTFS И REFS

Аннотация: В статье представлено комплексное тестирование производительности файловых систем Windows Server, включая FAT32, NTFS и ReFS. Исследование охватывает различные аспекты работы с данными: анализ скорости последовательного и случайного доступа к файлам, включая операции записи, чтения и их комбинации, а также оценку эффективности базовых файловых операций – создания, копирования, перемещения и удаления файлов разных размеров.

Ключевые слова: файловая система, производительность, FAT32, NTFS, ReFS, операционная система Windows Server 2022.

Poddubnaya Y.S.

student

Gubkin Russian State University (NRU) of Oil and Gas

Chursina S.S.

student

Gubkin Russian State University (NRU) of Oil and Gas

PERFORMANCE BENCHMARKING OF WINDOWS SERVER FILE SYSTEMS: FAT32, NTFS, AND REFS

Abstract: The article presents comprehensive performance testing of Windows Server file systems, including FAT32, NTFS and ReFS. The research covers various aspects of working with data: analyzing the speed of sequential and random access to files, including write, read and combination operations, as well as evaluating the effectiveness of basic file operations such as creating, copying, moving and deleting files of various sizes.

Keywords: file system, performance, FAT32, NTFS, ReFS, Windows Server 2022 operating system.

Файловая система – это описание способа хранения, распределения, наименования и обеспечения доступа к информации, хранящейся на машинном носителе информации [2]. Она также предоставляет простой доступ к информации пользователям и позволяет производить различные операции на носителях. В эпоху стремительной цифровизации, когда объёмы информации и требования к производительности постоянно растут, правильный выбор файловой системы становится ключевым фактором для обеспечения эффективной работы с данными.

Файловые системы FAT32, NTFS и ReFS были разработаны компанией Microsoft [3][4][5], и каждая из них имеет свои уникальные характеристики.

FAT32 (File Allocation Table) сочетает в себе совместимость и функциональность. Эта система доминирует среди внешних накопителей: 90% флешек и более 50% внешних жёстких дисков используют именно её. Благодаря отличной совместимости с разными устройствами и операционными системами, FAT32 идеально подходит для ситуаций, где не требуется работа с большими файлами [8]. Особенно актуальна для

пользователей, работающих как с Windows, так и с MacOS. Однако система имеет существенные ограничения: максимальный размер файла составляет 4 ГБ, что создаёт проблемы при работе с большими архивами и образами дисков.

NTFS (New Technology File System) обеспечивает более высокую производительность, особенно при работе с большими массивами данных и сложными структурами. Система включает функции журналирования, шифрования, управления доступом и безопасности. Журналы NTFS отслеживают изменения метаданных и помогают восстанавливать систему после сбоев. Возможности сжатия данных, жёсткие ссылки и дисковые квоты способствуют рациональному использованию ресурсов. Несмотря на высокую надёжность и безопасность, NTFS имеет ограниченную совместимость с операционными системами не из семейства Windows [9].

ReFS (Resilient File System) – современная файловая система, нацеленная на обеспечение высокой доступности и целостности данных. Хотя она пока не может полностью заменить NTFS, её уникальные особенности, такие как встроенная защита от повреждений и масштабируемость, делают её привлекательной для корпоративного сектора. ReFS не поддерживает сжатие и шифрование, а также не допускает конвертации данных из NTFS. ФС требует значительных системных ресурсов, особенно при работе с большими массивами данных. Ключевой особенностью является встроенная защита от сбоев, которая постоянно проверяет файлы на предмет повреждений и автоматически восстанавливает их [6].

В рамках данного исследования мы представим детальное сравнение производительности трёх файловых систем Windows Server: NTFS версии 3.1, ReFS версии 3.7 и FAT32. Интерес к их изучению обусловлен тем, что каждая из систем обладает уникальными характеристиками и ориентирована на специфические задачи, что создаёт широкие

возможности для анализа. Поэтому в качестве объектов исследования были выбраны эти файловые системы. Предметом исследования в работе выступает производительность файловых систем при различных условиях эксплуатации.

Для проведения сравнительного анализа производительности этих файловых систем была подготовлена специальная тестовая среда на базе Windows Server 2022 Standard с 2 ГБ оперативной памяти. В качестве хранилища используется виртуальный диск объёмом 20 ГБ. Внутри него созданы три раздела по 6 ГБ для каждой файловой системы. Для тестирования скоростных характеристик была применена утилита CrystalDiskMark.

В первом эксперименте были измерены скорость выполнения операций (MB/s), количество операций ввода/вывода в секунду (IOPS) и задержка в микросекундах (μ s) для операций чтения, записи и одновременного чтения и записи при соотношении нагрузки 70% на чтение и 30% на запись. Проверка осуществлялась с использованием тестового файла размером 1ГБ. Результаты были представлены для четырёх категорий операций:

- 1) Линейные операции с крупными блоками размером 1 МБ, 8 запросов одновременно.
- 2) Линейные операции с крупными блоками размером 1 МБ, 1 запрос одновременно.
- 3) Случайные операции с мелкими блоками размером 4 КБ, 32 запроса одновременно.
- 4) Случайные операции с мелкими блоками размером 4 КБ, 1 запрос одновременно [10].

Тестовая единица	Категория операции	FAT32	NTFS	ReFS	Файловая система с наибольшим показателем
MB/s	SEQ1M Q8T1	560.09	555.05	499.69	FAT32
	SEQ1M Q1T1	530.39	528.01	528.86	FAT32
	RND4K Q32T1	32.09	31.91	31.11	FAT32
	RND4K Q1T1	27.82	28.28	25.21	NTFS
IOPS	SEQ1M Q8T1	534.14	529.34	476.54	FAT32
	SEQ1M Q1T1	505.82	503.55	504.36	FAT32
	RND4K Q32T1	7835.21	7789.79	7594.73	FAT32
	RND4K Q1T1	6793.21	6903.32	6155.27	NTFS
μs	SEQ1M Q8T1	14890.65	15034.01	16681.35	ReFS
	SEQ1M Q1T1	1965.82	1977.03	1972.65	NTFS
	RND4K Q32T1	4059.20	4074.35	4060.29	NTFS
	RND4K Q1T1	145.94	143.54	160.81	ReFS

Таблица 1. Сравнение скоростных характеристик для операции чтения

Для большей наглядности ниже приведены графики по данным таблиц.

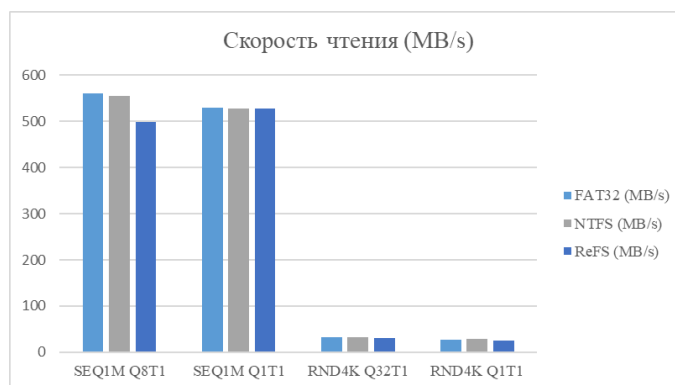


Рисунок 1 – Скорость чтения (MB/s)

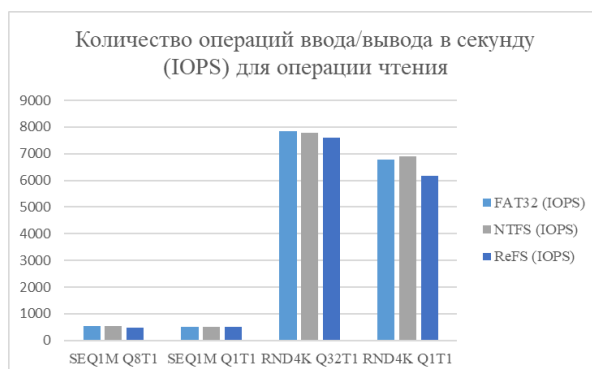


Рисунок 2 – Количество операций ввода/вывода в секунду (IOPS) для операции чтения

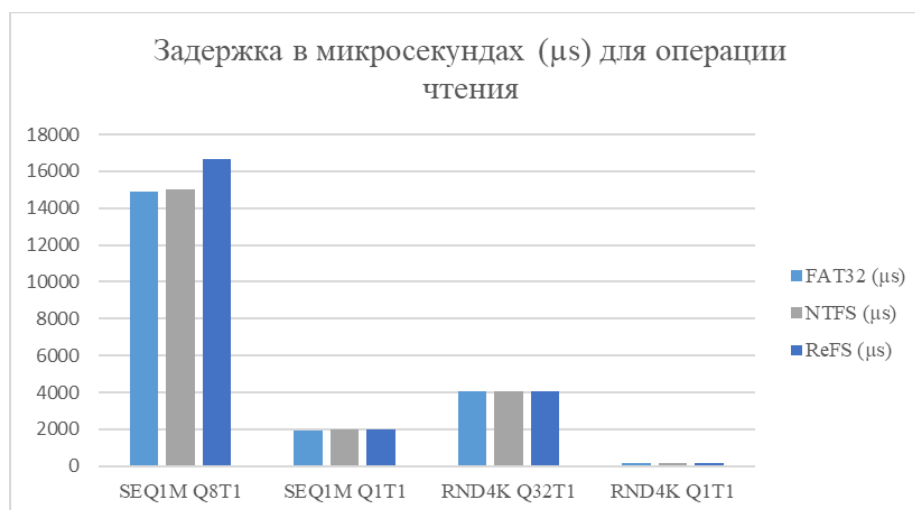


Рисунок 3 – Задержка в микросекундах (μs) для операции чтения

По результатам эксперимента видно, что файловая система FAT32 демонстрирует лучшие показатели характеристик для операции чтения в большинстве тестов, что может быть обусловлено более простой структурой метаданных.

Таблица 2. Сравнение скоростных характеристик для операции записи

Тестовая единица	Категория операции	FAT32	NTFS	ReFS	Файловая система с наибольшим показателем
MB/s	SEQ1M Q8T1	384.13	400.31	460.53	ReFS
	SEQ1M Q1T1	425.95	389.42	383.61	FAT32
	RND4K Q32T1	28.33	28.42	13.43	NTFS
	RND4K Q1T1	25.67	24.59	12.00	FAT32
IOPS	SEQ1M Q8T1	366.33	381.77	439.19	ReFS
	SEQ1M Q1T1	406.22	371.38	365.84	FAT32
	RND4K Q32T1	6916.75	6938.72	3277.59	NTFS
	RND4K Q1T1	6267.33	6002.44	2929.93	FAT32
μs	SEQ1M Q8T1	21677.74	20798.23	18046.82	FAT32
	SEQ1M Q1T1	2446.28	2678.71	2717.55	ReFS
	RND4K Q32T1	4586.04	4584.80	9405.79	ReFS
	RND4K Q1T1	158.23	165.17	338.33	ReFS

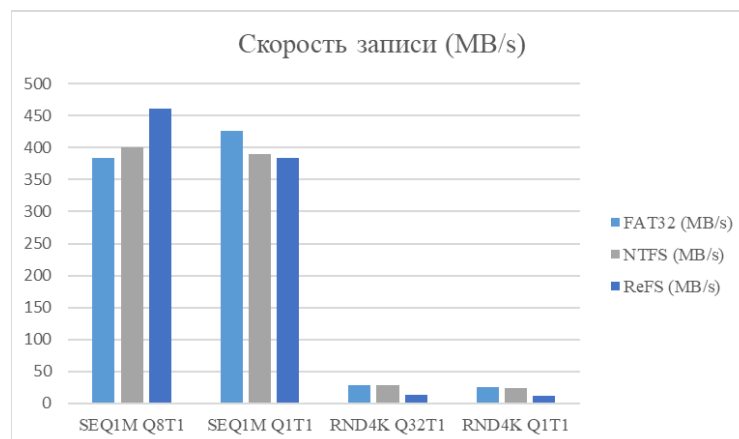


Рисунок 4 – Скорость записи (MB/s)

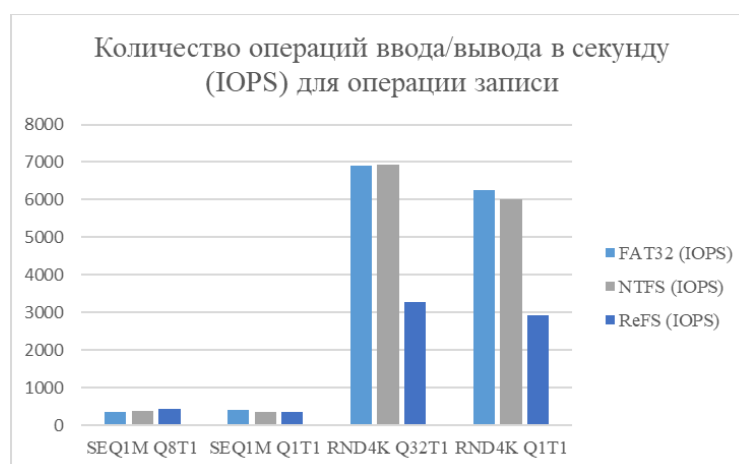


Рисунок 5 – Количество операций ввода/вывода в секунду (IOPS) для операции записи

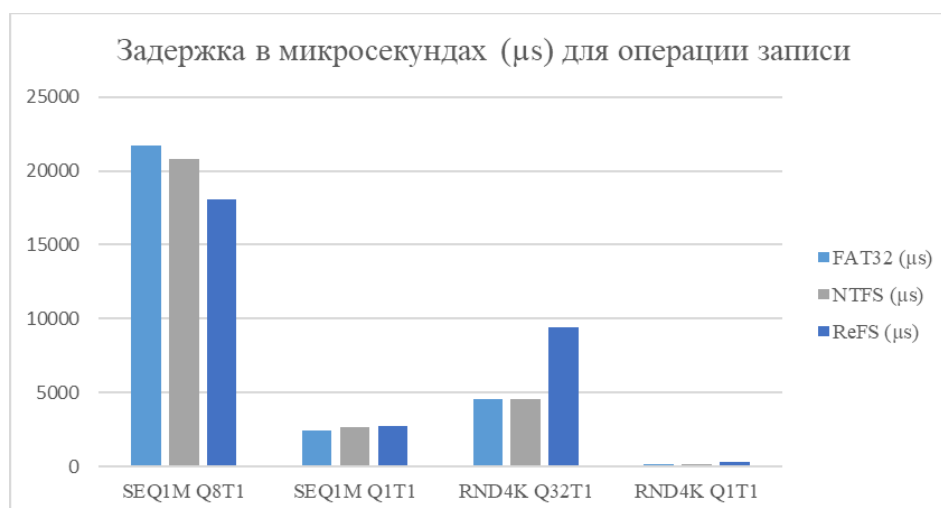


Рисунок 6 – Задержка в микросекундах (μs) для операции записи

Результаты данного эксперимента не такие однозначные: файловая система ReFS обеспечивает самую высокую скорость для

последовательной операции записи с несколькими потоками одновременно, но в то же время имеет низкие показатели в IOPS и более длительную задержку. FAT32 и NTFS показали хорошую производительность в отдельных сценариях.

Таблица 3. Сравнение скоростных характеристик при смешанной нагрузке

Тестовая единица	Категория операции	FAT32	NTFS	ReFS	Файловая система с наибольшим показателем
MB/s	SEQ1M Q8T1	503.54	389.42	399.03	FAT32
	SEQ1M Q1T1	425.72	486.13	371.77	NTFS
	RND4K Q32T1	28.61	30.35	20.31	NTFS
	RND4K Q1T1	25.72	26.70	17.54	NTFS
IOPS	SEQ1M Q8T1	480.21	371.38	380.55	FAT32
	SEQ1M Q1T1	406.00	463.61	354.55	NTFS
	RND4K Q32T1	6984.62	7409.91	4958.74	NTFS
	RND4K Q1T1	6280.03	6518.07	4282.96	NTFS
μs	SEQ1M Q8T1	16482.19	21378.85	20774.98	NTFS
	SEQ1M Q1T1	2450.27	2144.43	2806.22	ReFS
	RND4K Q32T1	4550.80	4295.14	6233.78	ReFS
	RND4K Q1T1	157.45	152.03	231.08	ReFS

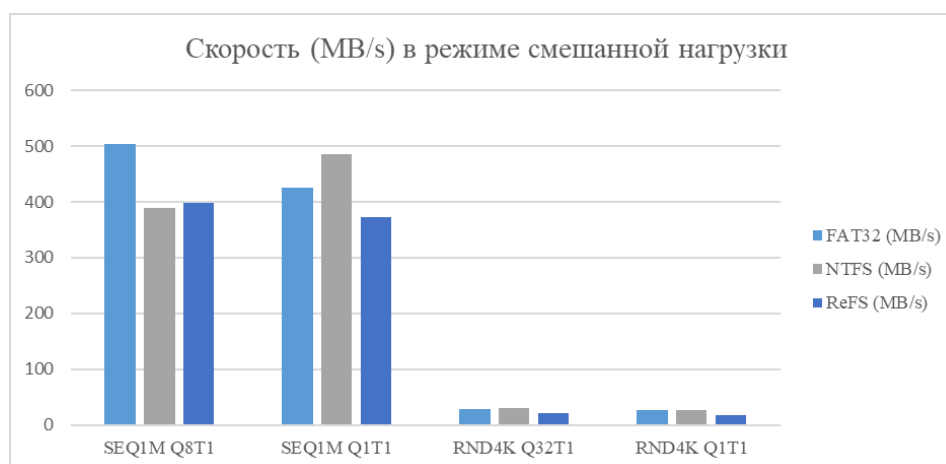


Рисунок 7 – Скорость (MB/s) в режиме смешанной нагрузки

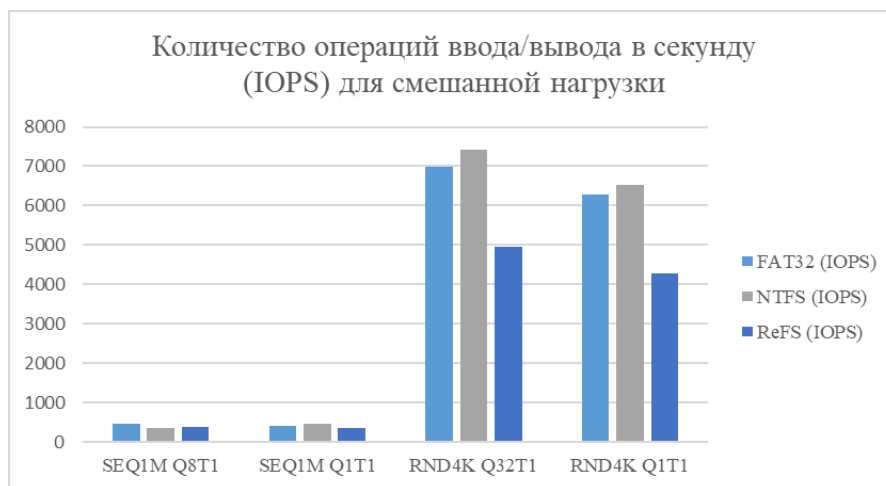


Рисунок 8 – Количество операций ввода/вывода в секунду (IOPS) для смешанной нагрузки

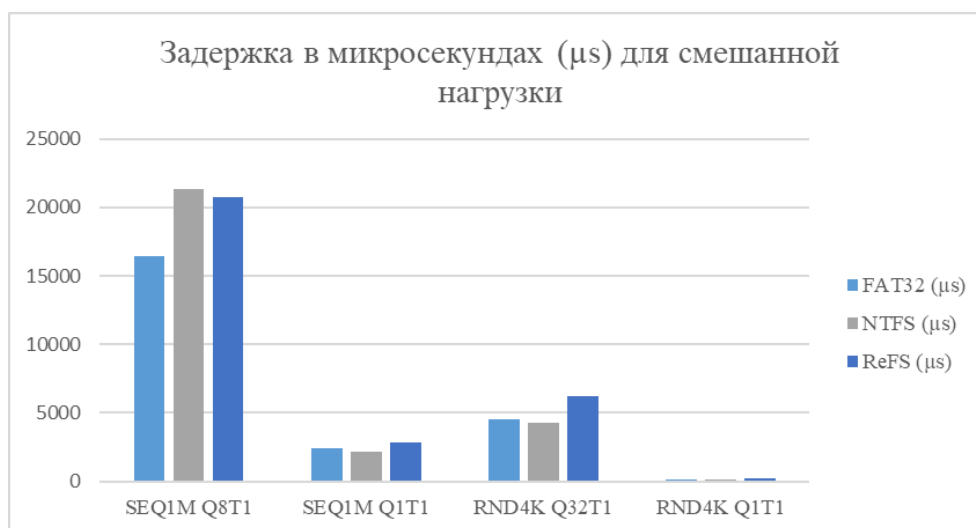


Рисунок 9 – Задержка в микросекундах (μs) для смешанной нагрузки

В условиях смешанной нагрузки, отражающей работу операционной системой в реальном времени, файловая система NTFS продемонстрировала наилучшие результаты в большинстве тестов, что подтверждает её популярность среди других файловых систем Windows Server.

Во втором эксперименте сравнивается производительность файловых систем при создании, копировании, перемещении и удалении множества файлов различных размеров. Тестирование проводилось при помощи скриптов в среде PowerShell. Эксперимент был нацелен на измерение

времени, затраченного на выполнение каждой операции в конкретной файловой системе.

Таблица 4. Сравнение скоростных характеристик при операциях с файлами

Операция	Размер файлов	Количество файлов	FAT32	NTFS	ReFS	Файловая система с наименьшим показателем
Создание	1 Кб	500	48.87 с	45.75 с	88.10 с	NTFS
Копирование	1 Кб	500	7.42 с	1.95 с	8.51 с	NTFS
Перемещение	1 Кб	500	1.36 с	0.99 с	1.81 с	NTFS
Удаление	1 Кб	500	1.49 с	0.72 с	0.99 с	NTFS
Создание	1 Мб	100	11.38 с	8.68 с	9.50 с	NTFS
Копирование	1 Мб	100	7.18 с	1.84 с	5.99 с	NTFS
Перемещение	1 Мб	100	0.099 с	0.111 с	0.172 с	FAT32
Удаление	1 Мб	100	0.25 с	0.16 с	0.24 с	NTFS
Создание	10 Мб	10	1.74 с	1.12 с	1.49 с	NTFS
Копирование	10 Мб	10	0.87 с	0.32 с	0.33 с	NTFS
Перемещение	10 Мб	10	0.0534 с	0.0523 с	0.0525 с	NTFS
Удаление	10 Мб	10	0.073 с	0.071 с	0.090 с	NTFS
Создание	100 Мб	10	21.92 с	0.85 с	1.16 с	NTFS
Копирование	100 Мб	10	7.21 с	5.18 с	4.75 с	ReFS
Перемещение	100 Мб	10	0.0465 с	0.0577 с	0.587 с	FAT32
Удаление	100 Мб	10	0.09 с	0.11 с	0.33 с	FAT32
Создание	1 Гб	1	12.35 с	0.26 с	0.16 с	ReFS
Копирование	1 Гб	1	6.61 с	4.47 с	4.34 с	ReFS
Перемещение	1 Гб	1	0.0657 с	0.0650 с	0.1741 с	NTFS
Удаление	1 Гб	1	0.113 с	0.071 с	0.069 с	ReFS

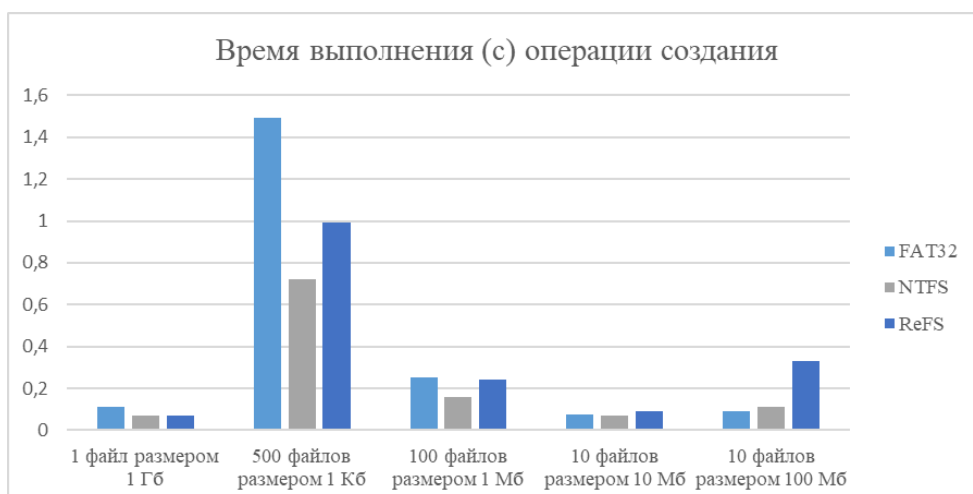


Рисунок 10 – Время выполнения (с) операции создания

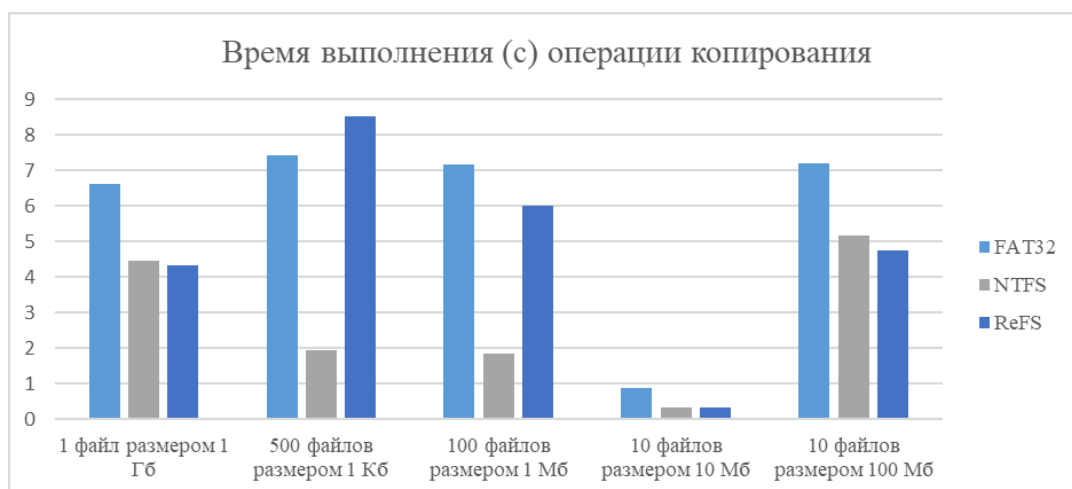


Рисунок 11 – Время выполнения (с) операции копирования

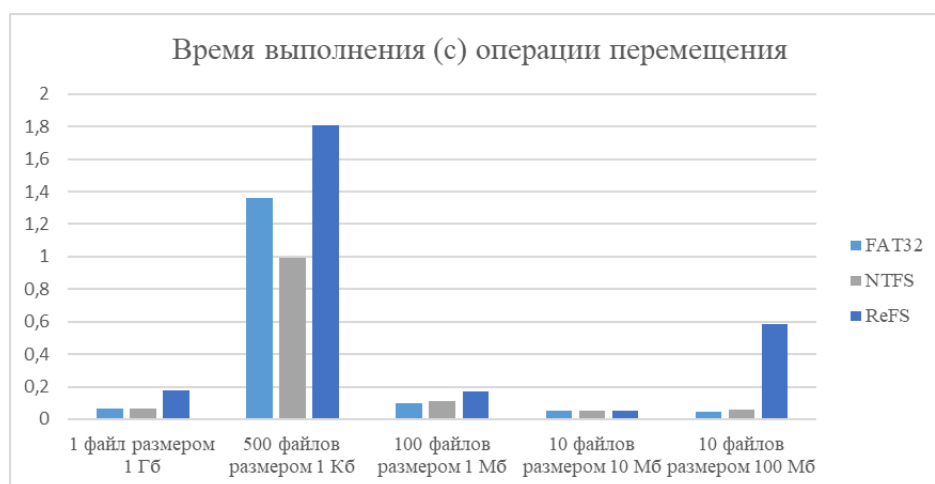


Рисунок 12 – Время выполнения (с) операции перемещения

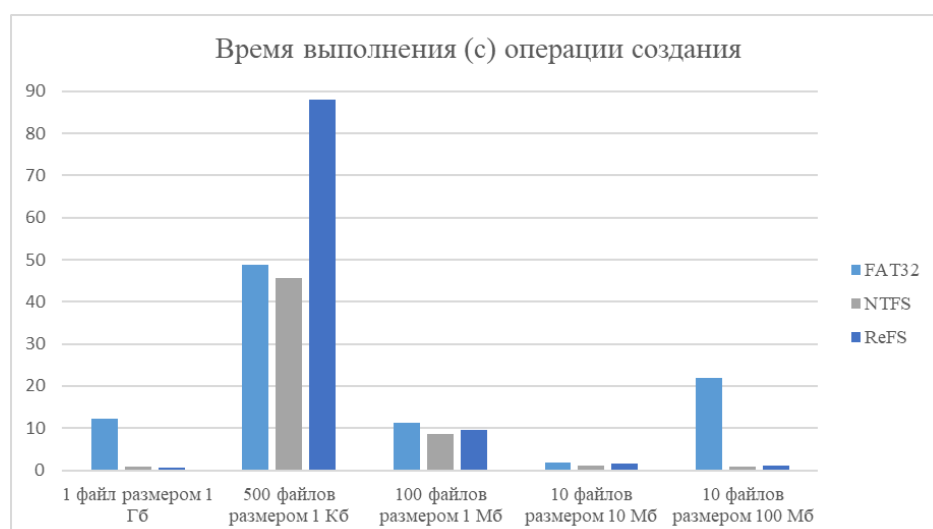


Рисунок 13 – Время выполнения (с) операции создания

По результатам данного эксперимента можно заметить, что файловая система NTFS показала лучшие результаты при работе с большим количеством файлов небольшого размера. ReFS и FAT32 продемонстрировали лучшую скорость выполнения определенной операции в отдельных сценариях, что не позволяет с уверенностью оценить производительность файловых систем при работе с теми или иными файлами [11].

Результаты исследования производительности файловых систем показывают, что каждая из них эффективна в определенном сценарии использования. Также стоит отметить, что полученные результаты могут варьироваться в реальных условиях, что обусловлено аппаратным обеспечением, заполненностью дискового пространства и другими параметрами. В данной статье производительность файловых систем оценивалась лишь для базовых операций, что делает возможным дальнейшие исследования по данной теме.

Таким образом, каждая из файловых систем эффективна в использовании, и ее выбор зависит от конкретных потребностей пользователей. Если нужна простота и совместимость, FAT32 будет отличным выбором. Для пользователей, которым важна производительность и безопасность, NTFS станет оптимальным вариантом. А для корпоративных сред, где ведётся работа с большими объёмами данных и требуется высокая доступность, ReFS может стать хорошим дополнением к существующим решениям [7]. Важно учитывать, что каждая файловая система имеет свои особенности, и правильный выбор поможет оптимизировать работу с данными в соответствии с требованиями.

Использованные источники:

1. А. Г. Уймин, А. Г. Периферийные устройства ЭВМ: Практикум / А. Г. Уймин. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 429 с. – ISBN 978-5-4497-2079-5. – EDN KQQFAG.

2. ГОСТ Р 57429-2017. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2017-03-28 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 12 с.

3. Microsoft Extensible Firmware Initiative FAT32 File System Specification – 2000. – 35 с. // fsu.edu – 2021. – URL: <https://www.cs.fsu.edu/~cop4610t/assignments/project3/spec/fatspec.pdf> (дата обращения: 10.05.2025)

4. NTFS FAQ (Frequently Asked Questions). // flatcap.github.io. – 2021. – URL: <https://flatcap.github.io/linux-ntfs/info/ntfs.html> (дата обращения: 10.05.2025)

5. Resilient File System (ReFS) overview (Обзор файловой системы ReFS) [Электронный ресурс] // learn.microsoft.com. – 2025. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows-server/storage/refs/refs-overview> (дата обращения: 29.04.2025)

6. ReFS vs NTFS vs FAT32: Which One Should You Use? [Электронный ресурс]// easeus.com. – 2025. – URL: <https://www.easeus.com/computer-instruction/refs-vs-ntfs-vs-fat32.html> (дата обращения: 28.04.2025)

7. Современные файловые системы: что выбрать для внешнего накопителя и почему [Электронный ресурс] // ixbt.com. – 2010. – URL: <https://www.ixbt.com/storage/extstor-fs.shtml> (дата обращения: 29.04.2025)

8. Общие сведения о файловых системах FAT, HPFS и NTFS [Электронный ресурс] // learn.microsoft.com. – 2025. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/troubleshoot/windows-client/backup-and-storage/fat-hpfs-and-ntfs-file-systems> (дата обращения: 27.04.2025)

9. Обзор файловой системы NTFS [Электронный ресурс] // learn.microsoft.com. – 2025. – URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows-server/storage/file-server/ntfs-overview> (дата обращения: 29.04.2025)

10. Утилиты CrystalDisk — что это, для чего нужны, как использовать [Электронный ресурс] // club.dns-shop.ru. – 2025. – URL: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-477-ssd-nakopiteli-m-2/134773-utilityi-crystaldisk-cto-eto-dlya-chego-nujnyi-kak-ispolzovat/> (дата обращения: 27.04.2025)

11. Оценка производительности файловой системы ReFS на HDD в Windows 10 [Электронный ресурс] // overclockers.ru. – 2018. – URL: http://overclockers.ru/blog/puding/show/20300/ocenka_proizvoditelnosti_fajlovoj_sistemy_refs_na_hdd_v_windows_10 (дата обращения: 30.04.2025)