

Лекція № 1

Управління дисками в Windows 10, створення програмних RAID-масивів.

Файлові системи, диски і томи

Комп'ютери на основі архітектури x86 для управління дисками завжди використовують головний завантажувальний запис (Master Boot Record, MBR). MBR містить таблицю розділів (partition table), що описує розбиття диску.

Системи Windows підтримують файлові системи FAT-12, FAT-16, FAT-32 і NTFS. Крім того, дві файлові системи підтримуються на пристроях CD-ROM та DVD: Compact Disc File System (CDFS) і Universal Disk Format (UDF). На вибір файлової системи впливають наступні фактори:

- мета, для якої використовуватиметься комп'ютер;
- апаратна платформа;
- кількість жорстких дисків та їх об'єм;
- вимоги до безпеки;
- прикладні програми, що використовуються в системі.

Файлові системи FAT

FAT (найчастіше під цим терміном розуміють FAT-16) – це проста файлова система, розроблена для невеликих дисків і простих структур каталогів. Її назва походить від назви методу організації файлів – таблиця розміщення файлів (File Allocation Table, FAT). Ця таблиця міститься на початку тому. З метою захисту тому на ньому зберігається дві копії FAT. Таблиця розміщення файлів та кореневий каталог повинні міститись за строго фіксованими адресами, щоб файли, необхідні для запуску системи, були коректно розміщені.

Початково компанія Microsoft розробила FAT для управління файлами на дискетах, і тільки потім прийняла її в якості стандарту для управління дисками в MS-DOS. Спочатку для дискет і невеликих жорстких дисків (менше 16 Мбайт) використовувалась 12-розрядна версія FAT (так звана FAT-12). В MS-

DOS 3.0 була уведена 16-розрядна версія FAT для більших дисків. У Windows 10 система FAT-12 застосовується тільки на гнучких дисках і томах, розміром менше 16 Мбайт.

Підтримка файлової системи FAT-16 включена також у Windows 10, оскільки вона сумісна з більшістю операційних систем інших виробників. Крім того, використання FAT-16 забезпечує можливість оновлення більш ранніх версій операційних систем родини Windows¹.

Файлова система FAT-32

32-розрядна файлова система FAT-32 з'явилась у Windows 95 OSR2 і підтримується в системах Windows 98/ME та Windows 10, Server 2016. Вона забезпечує оптимальний доступ до жорстких дисків, підвищує швидкість і продуктивність усіх операцій вводу/виводу. FAT-32 це вдосконалена версія FAT, призначена для використання на томах розміром більше 2 Гбайт. У Windows 10 та Windows Server 2016 система FAT-32 застосовується для форматування дисків DVD-RAM.

Для забезпечення максимальної сумісності з існуючими прикладним программи, мережами і драйверами пристроїв FAT-32 була реалізована з мінімумом можливих змін в архітектурі та внутрішніх структурах даних. Усі утиліти Microsoft, призначені для роботи з дисками (Format, Fdisk, Defrag і ScanDisk), були перероблені для забезпечення підтримки FAT-32. В табл. 1 представлені порівняльні характеристики FAT-16 і FAT-32.

Таблиця 1. Порівняння характеристик FAT-16 і FAT-32

FAT-16	FAT-32
Підтримується більшістю ОС, серед яких MS-DOS, Windows 9x/ME, Windows NT,	Підтримується усіма ОС Windows, починаючи

¹ Системи Windows NT/2000/XP/10/Server 2016 не можна використовувати разом з програмними засобами, що здійснюють розбиття диску на томи та стиснення дисків за допомогою драйверів пристроїв, які завантажуються з MS-DOS. Наприклад, якщо необхідно мати доступ до тому FAT, працюючи під управлінням цих систем, не слід застосовувати для цих томів такі засоби стиснення, як DoubleSpace (MS-DOS 6.0) чи DriveSpace (MS-DOS 6.22).

OS/2 і UNIX	з Windows 95 OSR2; підтримка FAT32 є також і на інших платформах
Ефективна тільки на логічних дисках, розмір яких не перевищує 256 Мбайт	Не підтримуються диски, розмір яких менше 32 Мбайт
Підтримує стиснення диску тільки за допомогою таких DOS-утиліт, як DrvSpace	Не підтримує стиснення диску
На практиці обмежена по розміру до 65524 кластерів. Обмеження по кількості кластерів та їх розміру (64 Кбайт) приводять до обмеження на розмір диску (не більше 4 Гбайт). Однак кластери розміром 64 Кбайт можуть невірно розпізнаватись деякими програмами і системами. Окрім цього, FAT-12/16 зазвичай має обмеження на розмір кореневого каталогу (в залежності від диску – від 200 до 400 входжень)	Використовує кластери меншого розміру, в результаті чого дисковий простір використовується більш ефективно. Максимальний розмір кластера – 16 Кбайт, максимальний розмір тому, що можна відформатувати – 32 Гбайт; читання і запис підтримується на томах до 2 Тбайт
Оскільки зі збільшенням розміру диску розмір кластеру FAT-16 збільшується, збереження файлів на таких дисках стає неефективним через внутрішню фрагментацію	Для дисків розміром від 257 Мбайт до 8 Гбайт розмір кластеру становить 4 Кбайт

FAT-32 забезпечує наступні переваги порівняно з попередніми реалізаціями FAT:

- Підтримка дисків розміром до 2 Тбайт. Однак команда Format, що є в складі Windows, не дозволяє формувати томи FAT-32, розмір яких перевищує 32 Гбайт. Однак драйвер Fastfat, що входить до комплекту Windows, дозволяє підключати і підтримувати будь-які томи FAT-32, в тому числі і такі, розмір яких перевищує 32 Гбайт. За винятком цього обмеження FAT-32 у Windows XP/10/Server 2016 працює так само, як і в Windows 9x/ME.

- Більш ефективне використання дискового простору. FAT-32 використовує менші кластери, що дозволяє підвищити ефективність використання дискового простору на 10–15% порівняно з FAT.
- Підвищена надійність та швидше завантаження програм. На відміну від FAT-12 і FAT-16, FAT-32 має можливість розміщувати кореневий каталог в будь-якій області тому. Крім того, завантажувальний сектор FAT-32 було розширено порівняно з FAT-16, і він містить резервні копії життєво важливих структур даних. Підвищена стійкість FAT-32 обумовлена саме цими факторами.

Файлова система NTFS

Файлова система Windows NT (NTFS) забезпечує таке поєднання продуктивності, надійності та ефективності, якого неможливо досягти за допомогою будь-якої з реалізацій FAT (як FAT-16, так і FAT-32). Основними цілями розробки NTFS були забезпечення швидкісного виконання стандартних операцій над файлами (включно з читанням, записом та пошуком) та надання додаткових можливостей, включаючи стиснення та відновлення пошкодженої файлової системи на великих дисках.

NTFS володіє характеристиками захищеності, забезпечуючи контроль доступу до даних та привілеї власника, що відіграють винятково важливу роль в забезпеченні цілісності життєво важливих конфіденційних даних. Каталоги і файли NTFS можуть мати призначені їм права доступу незалежно від того, чи є вони спільними чи ні. NTFS – єдина файлова система у Windows 10 та Windows Server 2016, яка дозволяє призначати права доступу до окремих файлів. Однак, якщо файл буде скопійовано з розділу чи тому NTFS в розділ чи на том FAT, усі права доступу та інші унікальні атрибути, властиві NTFS, будуть втрачені.

У Windows 2000 була введена нова версія NTFS – NTFS 5.0. Нові структури даних, що з'явились в складі цієї реалізації, дозволяють використовувати оригінальні можливості Windows 2000, наприклад, квоти на використання диску для кожного користувача, шифрування файлів, відстеження посилань, точки з'єднання (junction points), вбудовані набори

властивостей (native property sets). Крім того, додавати додатковий дисковий простір до томів NTFS 5.0 можна без перевантаження.

NTFS – найкращий вибір для роботи з томами великого об’єму. При цьому слід врахувати, що якщо до системи висуваються підвищені вимоги (до числа яких відносяться забезпечення безпеки та застосування ефективного алгоритму стиснення), то частину з них можна реалізувати тільки за допомогою NTFS. Тому в ряді випадків треба використовувати NTFS навіть на невеликих томах.

NTFS – єдина файлова система, на яку можна встановлювати систему, що відіграє роль контролера домену (на базі Active Directory).

Обмеження файлових систем та питання сумісності

В наведених нижче таблицях (табл. 2 і 3) зібрані дані про сумісність файлових систем NTFS і FAT, а також обмеження, що накладаються на кожен з цих файлових систем. Таблицею сумісності обов’язково слід користуватись при створенні систем з множинним завантаженням.

Таблиця 2. Підтримка файлових систем операційними системами

Операційна система	Файлова система		
	FAT	FAT-32	NTFS
MS-DOS, Windows 3.1 x та Windows 95 (версії до OSR2)	+	–	–
Windows 95 OSR2, Windows 98 та Windows ME	+	+	–
Windows NT 4.0	+	–	+
Windows 2000/XP/10/Server 2003/ Server 2016			

Таблиця 3. Обмеження файлових систем у Windows

Обмеження	NTFS	FAT і FAT-32
Розміри тому	<p>Мінімальний розмір тому складає (фактично) приблизно 10 Мбайт.</p> <p>На практиці рекомендується створювати томи, розмір яких не перевищує 256 Тбайт мінус 64 Кбайт.</p> <p>За допомогою NTFS неможна форматовувати дискети</p>	<p>FAT підтримує різні розміри томів – від об'єму дискет до 4 Гбайт (томи розміром більше 2 Гбайт можуть не підтримуватись іншими системами).</p> <p>FAT-32 підтримує томи об'ємом від 32 Мбайт до 2 Тбайт. Під управлінням Windows XP, можна форматовувати томи FAT-32, об'єм яких не перевищує 32 Гбайт</p>
Розміри файлів	Практичний максимум 16 Тбайт мінус 64 Кбайт	FAT і FAT-32 підтримують файли розміром не більше 4 Гбайт

Розміри кластерів

При форматуванні дискові томи розмічаються на кластери – це мінімальний простір, що виділяється на диску для файлів. Для будь-якої файлової системи розмір кластеру за замовчуванням визначається розміром тому. У табл. 4 наведено порівняльні розміри кластерів для FAT-16, FAT-32 і NTFS залежно від розміру диску.

Таблиця 4. Розміри кластерів за замовчуванням для FAT-16, FAT-32 та NTFS у Windows

Розмір диску	Розмір кластеру FAT-16	Розмір кластеру FAT-32	Розмір кластеру NTFS
До 32 Мбайт включно	512 байт	Не підтримується	512 байт

33–64 Мбайт	1 Кбайт	512 байт	512 байт
65–128 Мбайт	2 Кбайт	1 Кбайт	512 байт
129–256 Мбайт	4 Кбайт	2 Кбайт	512 байт
257–512 Мбайт	8 Кбайт	4 Кбайт	512 байт
513–1024 Мбайт	16 Кбайт	4 Кбайт	1 Кбайт
1–2 Гбайт	32 Кбайт	4 Кбайт	2 Кбайт
2–4 Гбайт	64 Кбайт	4 Кбайт	4 Кбайт
4–8 Гбайт	Не підтримується	4 Кбайт	4 Кбайт
8–16 Гбайт	Не підтримується	8 Кбайт	4 Кбайт
16–32 Гбайт	Не підтримується	16 Кбайт	4 Кбайт
Від 32 Гбайт	Не підтримується	Не підтримується	4 Кбайт

Можливості і використання NTFS 5.0

Тільки система NTFS дозволяє повною мірою використовувати усі засоби Windows XP/10/Server 2016, що забезпечують безпеку та надійність зберігання даних на дискових накопичувачах. NTFS 5.0 дозволяє реалізовувати наступні можливості.

- Механізм дозволів на доступ до файлів і каталогів. Забезпечує гнучку систему обмежень для користувачів і груп.
- Стиснення файлів і каталогів. Вбудовані засоби стиснення даних дозволяють економити простір на дисках, при цьому всі процедури виконуються "прозора" для користувача.
- Шифрування даних. Encrypting File System (EFS, Шифрована файлова система) забезпечує конфіденційність збереженої інформації, причому у Windows Server 2016 виправлені деякі недоліки цього механізму, що допускали "витік інформації".
- Дискові квоти. Можна обмежити простір, щозаймають на томі окремі користувачі.

- Механізм точок повторної обробки (repase points). Дозволяє, зокрема, реалізувати точки з'єднання (junction points), за допомогою яких цільовий каталог (диск) відображається в порожній каталог (ця процедура називається монтуванням диску), що знаходиться в просторі імен файлової системи NTFS 5.0 локального комп'ютера. Цільовим каталогом може служити будь-який допустимий шлях Windows XP, 10.
- Розподілене відстеження посилань на файли. Цей механізм дозволяє зберегти посилання на файл актуальним, навіть якщо він був переіменований чи переміщений на інший том, розміщений на тому ж комп'ютері або на іншому комп'ютері в межах домену.
- Розріджені (sparse) файли. NTFS ефективно зберігає такі файли, що містять велику кількість послідовних порожніх байтів.
- Журнал змін (change journal), де реєструються усі операції доступу до файлів і томів.

Порівняно з Windows 2000, системи Windows XP/10/Server 2003/ Server 2016 мають наступні покращення в роботі з NTFS:

- за інформацією компанії Microsoft, на 5–8 відсотків збільшена швидкодія, і NTFS забезпечує практично таку ж продуктивність, як і FAT;
- швидше виконується перетворення систем з використанням команди Convert.exe. При цьому можуть бути задіяні різні, а не фіксовані розміри кластерів, до 4 Кбайт;
- на перетворенні з FAT в NTFS томи встановлюються дозволи, прийняті на томах, що безпосередньо форматуються в NTFS;
- реалізовано нові можливості для дефрагментації.

Засоби NTFS 5.0 дозволяють більш ефективно вирішувати багато задач програмування. За допомогою цієї системи можна подолати ряд проблем, що виникають дотепер при роботі з іншими файловими системами.

Основою файлової системи NTFS є файл, що називається головною таблицею файлів (Master File Table, MFT). Він створюється при форматуванні

тома для NTFS. MFT складається з масиву записів розміром 1 Кбайт. Кожен запис ідентифікує один файл, що розташовано на диску. При створенні файлу система NTFS знаходить порожній запис в MFT, потім заповнює його інформацією про створюваний файл. Зміст інформації, що записується в MFT, наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Склад інформації, що записується в MFT

Тип інформації	Опис
Стандартна інформація	Атрибути файлу, наприклад, "тільки читання", "прихований" і "системний"; час створення, останнього доступу, останньої зміни; лічильник жорстких зв'язків файлу
Ім'я	Ім'я файлу чи каталогу в кодуванні Unicode. Якщо ім'я файлу не відповідає схемі 8.3 або файл має жорсткі зв'язки, атрибутів імені файлу може бути декілька
Дескриптор безпеки	Структура, що зберігає дані безпеки, асоційовані з файлом, що управляють доступом користувача до файлу
Дані	Вміст файлу; каталоги не мають цього типу інформації

NTFS оцінює розмір записуваної в MFT інформації. Якщо він не перевищує 1 Кбайт, інформація зберігається в запису MFT. Ці дані зберігаються в оперативній пам'яті і є резидент ними атрибутами файлу. В іншому випадку інформацію записується на диск, утворюючи нерезидентні атрибути файлу, а в запис MFT вміщується вказівник на відповідну область диску.

Оскільки операційні системи Windows 2000/2003/XP/10 широко використовують механізм доступу до ресурсів за допомогою ярликів, на жорсткому диску зберігається велика кількість файлів з розширенням lnk. Крім того, на диску знаходиться багато файлів Desktop.ini. Описана схема зберігання інформації файлів в MFT дозволяє тримати дані невеликих файлів в оперативній пам'яті, що різко підвищує продуктивність файлової системи.

Розділи і томи

На відміну від ранніх операційних систем виробництва компанії Microsoft, що дозволяють використовувати фізичні диски тільки в базовому режимі зберігання інформації (basic storage), в системах Windows 2000/XP/10 існує новий тип зберігання інформації – диски з динамічним режимом зберігання даних (dynamic storage). Диск, ініціалізований для динамічного режиму зберігання, називається динамічним диском (dynamic disk).

Використовуючи динамічні диски, можна без перевантаження операційної системи управляти дисками і томами, а також динамічно розширювати томи. Для клієнтських систем – це, мабуть, єдина перевага динамічних дисків, однак і та не дуже цінна, оскільки на робочих станціях диск звичайно один і розмічається "раз і назавжди". Тому ефект від використання динамічних дисків можна в першу чергу одержати на серверних платформах, що мають складну дискову конфігурацію. Дискова система цих систем може складатися з будь-якої комбінації базових і динамічних дисків. Проте том, що складається з декількох дисків, повинен мати один режим зберігання даних.

У табл. 6 перераховані основні поняття для базових і динамічних дисків: поняттю, вказаному в одній колонці таблиці, відповідає логічний еквівалент з сусідньої колонки того ж рядка.

Таблиця 6. Організація базових і динамічних дисків

Базовий диск	Динамічний диск
Системний (system partition) і завантажувальний розділ (boot partition)	Системний (system volume) і завантажувальний том (boot volume)
Основний розділ (primary partition)	Простий том (simple volume)
Додатковий розділ (extended partition)	Прості томи і вільний простір диску
Логічний диск (logical drive)	Простий том
Набір томів (volume set)	Складений том (spanned volume)
Почерговий набір (stripe set without parity)	Почерговий том (striped volume)
Дзеркальний набір (mirror set)	Дзеркальний том (mirrored volume)

Почерговий набір з парністю (stripe set with parity)	Том RAID-5 (RAID-5 volume)
--	----------------------------

Базовий режим зберігання інформації

Розділом є частина базового диску, що функціонує як логічна автономна одиниця.

Основний розділ (primary partition) зарезервований для використання операційною системою. Кожен фізичний диск може мати до чотирьох основних розділів (або до трьох, якщо створений додатковий розділ).

Додатковий розділ (extended partition) створюється з використанням вільного простору диска, що залишився, і може бути розділений на логічні диски. На кожному фізичному диску може бути тільки один додатковий розділ.

Базові диски підтримуються MS-DOS і будь-якими системами Windows, отже тільки їх можна використовувати в конфігураціях з множинним завантаженням.

Системи Windows XP, 10 і Windows Server 2016 не підтримують створені в Windows NT 4.0 багатодискові базові конфігурації: набори томів, дзеркальні і почергові набори, а також почергові набори з парністю. У цих системах (на дисках з MBR) з базовими дисками можливі наступні операції:

- створення основних розділів і додаткового розділу (4 основних або 3 основних і один додатковий на кожному диску);
- створення логічних дисків (у додатковому розділі);
- розширення базового тому за допомогою команди DiskPart.exe (див. подробиці цієї операції в довідковій системі).

Базовий диск у будь-який момент можна перетворити на динамічний без втрати інформації. Зворотна процедура вимагає попередньої архівації даних на всіх дисках, оскільки вся інформація на диску при цьому втрачається.

Динамічний режим зберігання інформації

Динамічний диск ділиться не на розділи, а на томи. Том складається з одного або декількох фізичних дисків в одній з наступних конфігурацій:

- простий том;
- почерговий том;
- складений том;
- том RAID-5;
- дзеркальний том.

Базовий диск у будь-який момент може бути перетворений на динамічний диск без втрати інформації; зворотне перетворення приводить до втрати даних.

Відмовостійкі томи – дзеркальні і томи RAID-5 – підтримуються тільки на серверних платформах (Windows Server 2016). Проте системи Windows 2000 Professional і Windows XP, 10 можна використовувати для віддаленого адміністрування таких томів.

Динамічні диски недоступні для комп'ютерів під управлінням MS-DOS, Windows 95, Windows 98, Windows ME, Windows NT 4.0 і Windows XP Home Edition, Windows 10.

Динамічні диски не підтримуються на портативних комп'ютерах, змінних (removable) і переносимих (detachable) дисках (підключених по шинам USB або IEEE 1394 (FireWire)).

Не перетворюйте базові диски в динамічні, якщо на цих дисках є інші інсталяції Windows 2000, Windows XP, 10 або Windows Server 2016 – після перетворення ці системи не зможуть завантажуватися. На одному динамічному диску може бути встановлена тільки одна операційна система (з перерахованих).

Виконати нову інсталяцію Windows Server 2016 можна тільки на динамічний том, який був перетворений з базового завантажувального або системного (що містить файли операційної системи) тому. Якщо динамічний том був створений з вільного простору, то встановлювати систему на нього не можна.

Вільний простір – це невикористана і неформатована частина жорсткого диску, яка може бути задіяна при створенні томів.

Системний том містить файли, жорстко прив'язані до устаткування (Ntldr, Boot.ini, Ntdetect.com), необхідні для завантаження системи.

Завантажувальний том містить файли операційної системи Windows, розташовані в папках %SystemRoot% і %SystemRoot%\system32.

Том – це логічна одиниця зберігання, утворена з вільного (unallocated) простору на одному або декількох дисках. Том можна відформатувати засобами файлової системи з призначенням йому імені (літери) або змонтувати як папку наявного тому. На динамічних дисках зазвичай використовується NTFS, проте за допомогою команди Format том можна відформатувати під FAT16 або FAT32. Томи на динамічних дисках можуть мати одну з декількох структур: простий, складений, дзеркальний, почерговий том і том RAID-5.

Простий том використовує простір одного фізичного диску. Це може бути одна ділянка на диску або декілька ділянок, сполучених одна з одною. Простий том може бути розширений в межах одного диску або на додатковий диск. Якщо простий том розширюється на декілька дисків, він стає складеним томом. Розширювати допускається тільки прості томи, відформатовані у файлової системі NTFS. Простий том не забезпечує відмовостійкості.

Складений том складається із зв'язаного разом простору декількох дисків (до 32 дисків). Він може бути розширений на додаткові диски і не може брати участь в дзеркальних системах. Складені томи створюються, коли на жодному жорсткому диску немає достатнього вільного простору. Ви можете розширити існуючий складений том з файловою системою NTFS, додавши до нього вільний простір. Не допускається розширювати: томи з файловою системою FAT або FAT32, системний том, завантажувальний том. Крім того, створюючи складені томи, можна розподіляти навантаження на дискові системи. Складені томи не забезпечують відмовостійкості. Оскільки томи такого типу розташовані на декількох жорстких дисках, зростає імовірність їх відмови, пов'язаної з виходом з ладу одного з дисків.

Дзеркальний том – це засіб забезпечення відмовостійкості, для чого дані дублюються на двох фізичних дисках. Всі дані одного диску копіюються на додатковий диск, що забезпечує можливість отримання надлишковості даних.

Якщо один з дисків відмовляє, дані можуть бути доступні на вцілілому диску дзеркала. Дзеркальний том не може бути розширений. Дзеркало також відоме як RAID-1. Дзеркальними можна робити практично будь-які томи, включаючи системний і завантажувальний.

Дані на **почерговому томі** розбиваються на блоки по 64 Кбайт при запису і поміщаються на декілька фізичних дисків (до 32), причому інформація рівномірно розподіляється серед усіх дисків, що входять до складу такого тому. Такий підхід зручний при необхідності швидкого запису або читання з фізичних дисків великого об'єму інформації. Швидкість роботи з дисковою системою збільшується за рахунок розпаралелювання потоків даних і одночасного запису або читання інформації з дисків тому. "Розщеплювання" інформації також корисно при балансуванні навантаження вводу/виводу в розрахованих на багато користувачів додатках. Томи з чергуванням записуваної інформації не забезпечують відмовостійкості. Том такого типу не може входити в дзеркальний набір і його не можна розширити. Чергування даних відоме як RAID-0.

Том RAID-5 є засобом забезпечення відмовостійкості дискової системи, оскільки такі томи розщеплюються при запису на три або більше дисків. Том RAID-5 забезпечує надлишковість інформації, завдяки підрахунку контрольної суми даних, розташованих на кожному диску. Контрольна сума (обчислювана величина, яка може бути використана для відновлення даних у разі їх руйнування) також розщеплюється і записується на всі диски масиву. Якщо відмовляє один з дисків масиву, то інформація, яка на ньому знаходилася, може бути відновлена з використанням даних працездатних дисків і контрольної суми. Том RAID-5 не може входити в дзеркальний набір і його не можна розширити.