Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“____” _____ 2025 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему
“Програмне забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних”

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КІ-21-1
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Яценко В.О.
«____» _____ 2025 р.

Керівник проекту
доктор філософії (PhD)
_____ Усік П.С.
«____» _____ 2025 р.
Рецензент _____
_____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет *Механіко-технологічний*

Кафедра *Кібербезпеки та програмного забезпечення*

Освітній ступінь *бакалавр*

Галузь знань ._12 _____*“*Інформаційні технології*”*_____

Спеціальність *123 “*Комп’ютерна інженерія*”*

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма _*“*Комп’ютерна інженерія*”*_

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
_____ Олексій СМІРНОВ
« 17 » січня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Яценку Владиславу Олександровичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи *Програмне забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних*

2. Керівник роботи *Усік Павло Сергійович, доктор філософії (PhD)*
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 46-02 від 17.01.2025 року

3. Строк подання студентом роботи до захисту *23.05.2025 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи*: Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних*

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Призначення та область використання.
2.Перегляд аналогічних існуючих систем.
3. Опис і обґрунтування проектних рішень.
4. Етапи програмування системи.
5. Впровадження системи в промислову експлуатацію.
6. Висновки

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Структурна схема системи	*1 аркуш*
Функціональна схема системи	*1 аркуш*
Діаграма процесів	*1 аркуш*
Блок-схема алгоритму роботи додатку	*2 аркуша*

7. Дата видачі завдання « 17 » січня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.03.2025 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2025 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2025 р.	
4.	Розробка структур даних	25.03.2025 р.	
5.	Розробка алгоритмів зв’язку та відображення	30.03.2025 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2025 р.	
7.	Оформлення ПЗ	17.04.2025 р.	
8.	Попередній захист роботи	23.05.2025 р.	

Дата видачі завдання
« 17 » січня 2025 р.

Підпис керівника
_____ Усік П.С.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 17 » січня 2025 р.

Підпис здобувача
_____ Яценко В.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Яценко В.О. Програмне забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2025.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи автоматизованого резервного копіювання даних.

Метою розробки є програмне забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних.

Результат роботи – програмна реалізація системи автоматизованого резервного копіювання даних.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Visual C#.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, резервне копіювання даних

ABSTRACT

Yatsenko V.O. Software for an automated data backup system. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2025.

In this final qualification work for the first (bachelor's) level of higher education, software has been developed, which is intended for an automated data backup system.

The purpose of the development is software for an automated data backup system.

The result of the work is a software implementation of an automated data backup system.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with the software are provided.

The program can be used on a PC with Windows 10/11.

The program was developed in the Visual C# environment.

Keywords: computer engineering, data backup

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

ОС	–	Операційна система
ПЗ	–	Програмне забезпечення
BIOS	–	Basic Input-Output System
LINQ	–	Language Integrated Query
RAID	–	Redundant Array of Inexpensive Disks

ВСТУП

Актуальність теми. Система резервного копіювання повинна як мінімум забезпечувати повну автоматизацію створення резервних копій, перевірку їх консистентності й надійне зберігання.

Для директора по інформаційних технологіях резервне копіювання даних не відноситься до числа першочергових завдань, і це цілком з'ясовно: спочатку необхідно спланувати впровадження програмного забезпечення й організувати його експлуатацію, і лише потім настає черга для рішення питань надійності.

Бізнес завжди намагається скоротити витрати, особливо по тим статтям, які не приносять прямий прибуток, а в більшості компаній служби інформаційних технологій є витратними підрозділами. В умовах кризи, що ми спостерігаємо в цей час, необхідність інвестицій довести особливо складно. Але, щоб удержатися на плаву, потрібно діяти більш динамічно, активізувати напрямок, який раніше можна було зневажити, і виходити на нові ринки. Як наслідок, якщо компанія хоче пережити важкі часи, вона повинна розгортати нові інформаційні системи й уводити в експлуатацію нове програмне забезпечення. Обчислювальні ресурси доводиться ущільнювати, що відразу підвищує ризик втрати даних і змушує серйозно задуматися про надійність систем і захист інформації.

Хтось впроваджує рішення підвищеної надійності й наївно думає, що в такий спосіб забезпечує безпека даних. Однак відказостійкість не заміняє резервування: якщо логічна помилка відбулася на одному сервері, вона ж буде відтворена й на дублюючому. Так що відказостійкий кластер і масив RAID теж необхідно резервувати.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

– Огляд існуючих систем автоматизованого резервного копіювання даних.

– Дослідження системи автоматизованого резервного копіювання даних.

– Програмна реалізація системи автоматизованого резервного копіювання даних.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі автоматизованого резервного копіювання даних.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Крім підтримки операційної безперервності бізнесу, система резервного копіювання даних одночасно виконує архівне зберігання інформації, тому доцільно розглядати ці завдання разом. До того ж від того, які вимоги пред'являються до схоронності даних, залежить, наскільки необхідно здобувати додаткове апаратне забезпечення до програм резервного копіювання.

Більше того, відповідно до законодавства багатьох країн компанії, що працюють у певних галузях економіки, зобов'язані зберігати ретроспективні дані. Якщо в ході аудиторської перевірки така інформація не буде надана, наслідки можуть бути досить серйозними – від штрафних санкцій до ліквідації підприємства. Приміром, українські банки повинні зберігати деякі види даних протягом семи років.

Перефразовуючи приказку, всі люди діляться на ті, хто ще не робить бекап, і на ті, хто його вже робить. Інакше кажучи, рішення по резервному копіюванню життєво необхідно – сподіваюся, із цим ніхто сперечатися не буде. Як же вибрати підходящу систему резервного копіювання (СРК), що максимально відповідає вашим потребам? Вендори заманюють гарними рекламними гаслами. Безумовно, кожний виробник по-своєму гарний, у кожного є свої передові розробки, однак використовувані ними власні системи метрик утрудняють порівняння їхніх продуктів з конкуруючими.

Звичайно можна довіритися думці колег по цеху, у яких уже є та або інша СРК. Зробивши зразкову оцінку вартості такої ж системи, ви можете придбати неї, передати в IT-підрозділ для уведення в експлуатацію й раптом виявити, що ліцензій не вистачає, у СЗД містяться тільки архіви за останній тиждень або передача даних не укладається у вікно резервного копіювання. Помилка

зрозуміла – потрібно було замовити попереднє обстеження IT-системи й провести навчання співробітників.

Якщо обстеження інфраструктури замовити в інтегратора й повністю покластися на його вибір, то згодом може з'ясуватися, що впровадження аналогічної системи з використанням розробок іншого вендора дозволило б не купувати декількох нових серверів керування й одержати більше економічне рішення в цілому. Підготовка рішення, що пропонує інтегратор, здійснюється силами конкретного фахівця, а він при проектуванні орієнтується на продукти, по яких у нього найдужчої компетенції, або просто запропонує рішення того постачальника, з яким у нього найбільш тісні відносини.

Виходить, що вибір вендора СРК, якого порадив знайомий CIO, колега або інтегратор, що проводив обстеження, не є оптимальним? Варіант же замовлення проектування у двох або трьох незалежних інтеграторів для одержання кілька рішень від різних виробників не варто навіть розглядати, тому що після таких обстежень грошей на впровадження вже не залишиться.

1.2 Область застосування

Для початку необхідно скласти реєстр всіх сервісів і обговорити з керівниками бізнес-підрозділів вимоги до безперервності їхнього надання. Потім ці сервіси варто класифікувати відповідно до поставлених завдань, а оброблювані дані – по їхній важливості для компанії в історичному аспекті, беручи до уваги особливості її діяльності, вимоги аудиторів, що контролюють органів і законодавства. Бажано виділити кілька категорій сервісів – наприклад, що не допускають перерви в роботі, що допускають коротку перерву, що допускають тривалу перерву й не нужденні в резервуванні.

Виконуючи класифікацію, потрібно визначитися, яку мету ви переслідуєте, створюючи СРК, – відновлення сервісів після збою (Disaster Recovery) або архівне зберігання даних. У першому випадку, як правило, досить

зберігати резервні копії за тиждень і недільні за місяць, у другому необхідний більше тривалий період зберігання, що може бути встановлений внутрішніми вимогами компанії або законодавством. Практика показує, що частота звертання до архівів експоненційно убуває із часом, тобто ймовірність того, що дані будуть потрібні більш ніж через місяць, дуже мала.

Якщо регламентовані вимоги до тривалості зберігання архівних даних відсутні, варто з'ясувати, за якими даними і якої давнини зверталися із запитами про відновлення. Може виявитися, що інформація з піврічним строком зберігання ніколи не була затребувана.

Строго говорячи, нам не потрібні файли, папки й бази даних як такі – нам потрібний сервіс, що вони забезпечують. Плануючи захист, ми ототожнюємо сервіс і пов'язані з ним дані, тому вірніше буде говорити про резервне копіювання сервісу. У результаті проведеного аналізу ви одержуєте графік резервного копіювання, у якому для кожної категорії сервісів зазначено, як часто він резервується й скільки часу буде зберігатися копія.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

Acronis True Image

В Acronis True Image реалізовані значні зміни, покликані розширити функціональність і полегшити керування резервними копіями із всіх пристроїв користувача з єдиного облікового запису. Ми протестували версію 19.0.5037 для Windows і готові розповісти про головні зміни.

Десктопна версія Acronis True Image доступна користувачам на платформах PC (Windows) і Mac. З її допомогою можна виконувати створення повного образа диска, окремих логічних розділів або обраних каталогів, використовуючи для зберігання резервних копій «зону безпеки», зовнішній жорсткий диск, мережне сховище або фірмова хмара Acronis Cloud.

Вся лінійка Acronis True Image побудована по вже добре знайомій модульній архітектурі. Нова версія містить поліпшений модуль для захисту даних на мобільних пристроях від втрати й ушкодження. Підтримуються смартфони й планшети з ОС Android і iOS, а також ведеться розробка версій для менш популярних операційних систем.

За допомогою мобільного додатка Acronis True Image можна одержати доступ до всім резервним копіям, що зберігаються в хмарі, файлів, включаючи бекапи з комп'ютерів під керуванням Windows і Mac. Доступна синхронізація файлів на всіх пристроях і наданя доступу до них через створення приватних або публічних посилань.

Фотографії, відеоролики, музика, документи, книги й інші користувальницькі файли швидко відновлюються з бекапа після невдалого

перепрошивання смартфона або ушкодження карти пам'яті. На жаль, повний бекап убудованої пам'яті смартфона зі службовим розділом, завантажником, установленими програмами й налаштуваннями додаток поки не робить. Його функціональність і саме призначення істотно відрізняється від таких у десктопной версії.

Мобільна версія True Image забезпечує легку міграцію на іншу модель зі збереженням всіх особистих даних, які інакше доводиться копіювати й відновлювати послідовно. Додатково в новій версії був поліпшений і спрощений перенос адресної книги й записів з календаря.

Ще одна неявна особливість нової версії – примусова робота True Image з оригінальними зображеннями замість стислих. За замовчуванням в iOS знижується якість фотографій для їхнього локального зберігання. Під час бекапа True Image форсує використання вихідної якості знімків і зберігає їх з максимальною деталізацією.

Напевно ви спостерігали, що обсяг вільного місця слабко пов'язаний з ємністю носія. Скільки б у ньому не було споконвічно, незабаром чарівним образом все місце виявляється зайнято. True Image пропонує відразу кілька варіантів виходу з такої ситуації.

Новий модуль програми «архівування файлів і папок» сканує файлову систему, визначає давно невикористовувані об'єкти й пропонує перемістити їх у хмару. Після сканування всього диска або обраних папок, що рекомендуються для архівування файли відображаються згрупованими по розмірах і типам.

Фірмовий сервіс Acronis True Image Cloud надається без дискових квот. Це особливо актуально для власників мобільних пристроїв і ноутбуків з SSD невеликої ємності. Дата-центри Acronis перебувають по усьому світі, і користувач може вибрати кожної. За замовчуванням настроєне завантаження даних у ЦОД.

Додатково очистити дисковий простір допомагає модуль System Clean-up. Він видаляє тимчасові файли, неактуальні дампи, логі, а також сліди роботи в

Windows і популярних додатках. Цю же програму можна використовувати для підвищення приватності, якщо потрібно стерти всю історію користувальницького сеансу (включаючи збережені паролі, списки останніх місць і файлів, що відкривалися).

Звичайно локальні резервні копії зберігаються на зовнішньому диску, тому з їхнім обслуговуванням виникає ряд принципових моментів. Наприклад, вони можуть потрапити в чужі руки. Щоб уникнути проблем з розкриттям конфіденційних даних рекомендується шифрувати резервні копії.

Якщо додатково використовується убудоване шифрування Windows, а дані планується відновити на іншому комп'ютері, то доцільно знімати захист BitLocker перед приміщенням файлів у бекап. Для цього в True Image є окреме налаштування.

Перевірка цілісності резервних копій, зашифрованих засобами Acronis, можлива без уведення пароля. Програма лише порівнює відповідність блоків даних записам у метаданих, а розшифровка самих файлів з бекапа при цьому не виконується.

Інша особливість – підключення дисків з різними інтерфейсами. Контролери USB 2.0 без проблем визначаються в будь-якому середовищі відновлення, але їхня швидкість дуже мала. USB 3.0 і 3.1 часто вимагають інтеграції пропрієтарних драйверів, які недоступні в базовому варіанті завантажувального носія Acronis з ядром Linux. Для роботи з такими дисками буде потрібно розширена версія на основі WinPE, що і треба вибрати в діалоговому вікні убудованого майстра.

Підключені по інтерфейсі eSATA диски виглядають точно так само, як локально встановлені, тому їх немає в списку зовнішніх накопичувачів. Щоб зберегти або вважати копію з такого диска потрібно скористатися кнопкою «огляд» і вибрати його вручну, орієнтуючись по букві або мітці тому.

Заради зручності будь-яке середовище відновлення й сама програма Acronis True Image можуть бути записані на зовнішній диск для резервних копій.

Тоді при неможливості запустити встановлену ОС можна буде завантажитися й виконати відновлення з одного диска без використання USB-Flash або CD/DVD. Це особливо важливо для пристроїв без привода оптичних дисків і з малою кількістю USB-Портів.

Багато цікавих утиліт, що входять до складу пакета Acronis True Image, поки перебувають поза головним вікном програми. Вони викликаються з меню «більше інструментів» у вигляді списку ярликів, відображуваних в «Провіднику». Серед них є засіб відкоту будь-яких змін у системі Try&Decide, зручне для небезпечних експериментів із програмним забезпеченням, програма гарантованого знищення даних і набори «майстрів» для покрокового виконання типових завдань.

Нова версія Acronis True Image оптимізована для Windows 10 і сенсорних екранів. У ній використовується поліпшений движок AnyData Engine, що дозволяє працювати з будь-якими файловими системами. Програма доступна на чотирнадцяти мовах разом з річною передплатою на безлімітний хмарний сервіс.

Dropbox

Dropbox являє собою безкоштовний файловий хостинг для резервного копіювання й обміну файлами, що дозволяє об'єднати всі ваші фотографії, документи, і відео в будь-якому місці, і з легкістю поділитися ними. Це означає, що будь-який файл, що Ви збережете на Dropbox буде автоматично збережений на всіх ваших комп'ютерах, мобільних телефонах і на веб-сайті Dropbox.

Підтримуються наступні платформи Windows, Linux, MacOS, Android, iOS (iPhone, iPad) і BlackBerry.

Dropbox також дозволяє легко поділитися вашими файлами з іншими. Навіть якщо ви випадково пролили каву з молоком на ваш ноутбук, не хвилюйтесь за важливу інформацію. Ви можете розслабитися, знаючи, що Dropbox завжди прикриє Вас, і файли не буде загублені. Dropbox працює так само, як і будь-яка інша папка на вашім комп'ютері, але з невеликими відмінностями. Будь-які файли й папки усередині Dropbox будуть

синхронізуватися із серверами Dropbox і іншими пристроями, пов'язаними з вашим обліковим записом. Зелені галочки з'являться у верхній частині ваших файлів, щоб ви знали, що в цей час вони синхронізовані. Всі дані передаються по SSL каналі й зашифровуються перед збереженням з використанням алгоритму шифрування AES-256. Dropbox відслідковує всі зміни, зроблені з файлами.

Є платні й безкоштовні послуги з розміщення, резервному копіюванню й обміну файлами, кожний з них пропонує різні варіанти. У порівнянні з аналогічними послугами, Dropbox пропонує для користувачів відносно велика кількість клієнтів для різних настільних і мобільних операційних систем. Є в цілому близько 10 клієнтів, включаючи версії для Microsoft Windows, Mac OS X і Linux (офіційної й неофіційні), а також версії для мобільних пристроїв, таких як Android, Windows Phone 7, iPhone, IPad і BlackBerry, і веб-клієнт, якщо не встановлена локальна версія.

Dropbox використовує фінансову модель Freemium і її безкоштовний сервіс надає 2 Гб безкоштовного онлайн-простору. Користувачі, використовуючи реферальну програму Dropbox можуть збільшити сховище до 16 Гб (по 500 MB за кожного реферала). Основними конкурентами послуги містять у собі Box.net, Windows SkyDrive, Диск Google, Ubuntu One, Mozy, Bitdefender Safebox і Яндекс.Диск.

Macrium Reflect Free

Macrium Reflect Free має інтуїтивно зрозумілий користувальницький інтерфейс, складається з набору корисних утиліт для резервного копіювання й відновлення даних.

Безкоштовна утиліта одержала високі оцінки за виконання завдань резервного копіювання. Вона здатна захистити ваші особисті документи, фотографії, музику, повідомлення електронної пошти від втрати, просто потрібно створити резервну копію.

Тепер ви можете спробувати встановити на жорсткий диск нову операційну систему, можете бути впевненні – ваші дані надійно збережені,

можуть бути легко відновлені з файлу резервної копії. За допомогою програми ви можете створити резервні копії й записати їх на локальні, мережні, USB диски, програма підтримує запис на DVD всіх форматів. Дана версія призначена для домашнього некомерційного використання.

Установка програми може небагато заплутати, тому що хоч це й безкоштовна версія програми, вам буде запропоновано підтвердити вписаний в установнику ліцензійний ключ Macrium Reflect, увести своє ім'я, прізвище й email. Крім того програма пропонує користувачам ознайомитися з електронними довідковими матеріалами по роботі із програмою. Якщо по ходу роботи з Macrium Reflect Free у вас виникнуть питання, ви завжди можете вдатися до докладної довідки. Macrium Reflect має простий користувальницький інтерфейс, але він виконаний зі смаком і має професійний зовнішній вигляд. У верхній частині інтерфейсу розташовано меню, працюючи з яким, ви одержите доступ до всіх функцій програми, зможете одержати доступ до функції створення образів дисків, розділів, задати резервне копіювання за графіком і ін.

Майстер резервного копіювання проведе вас крок за кроком по процесі створення резервної копії. Просто й швидко вибрати місце резервної копії – локальний жорсткий диск, мережний диск, CD/DVD. Перш ніж продовжити, ви можете ознайомитися зі списком резервного копіювання, установити тип стиску, установити захист: задати пароль, вибрати призначення. Тут же можна встановити додаткові налаштування для рівнів стиску й розміру передбачуваної резервної копії. Macrium Reflect Free створює істотне навантаження як на процесор, так і на оперативну пам'ять комп'ютера, тому варто відмовитися від використання інших ресурсномістких програм під час створення резервної копії за допомогою Macrium Reflect. Проте, програма справляється з поставленими завданнями, робить коректні резервні копії навіть більших жорстких дисків. Якщо ви шукайте просту й надійну програму для резервного копіювання, то Macrium Reflect Free – ваш вибір, він підійде всім, здатний сподобатися як новачкам, так і профі.

Eazy Fix

Eazy Fix (минуле назва EAZ-FIX) – дозволяє користувачеві негайно виправити проблеми, що виникли в системі, повернувши останній стан комп'ютера збережене у вигляді знімків за останню годину, учора, минулий тиждень або минулий місяць. Eazy Fix працює навіть, якщо не вдається завантажити систему Windows. Збої в системі Windows, ушкодження файлів, вірусні зараження – всі ці проблеми можуть зайняти від декількох годин до декількох днів, щоб відновити роботу комп'ютера. Eazy Fix виключає неприємності й головний біль при усунення загальних проблем ПК, миттєво повертаючи стан системи до виникнення проблеми.

Eazy Fix дозволяє миттєво виправити ваші проблеми на комп'ютері за допомогою відновлення знімків. Знімок (Snapshot) – це 100% копія стану комп'ютера на ПК у цей момент часу, що містить всі дані, програми й налаштування. Eazy Fix займає менш 5 секунд, щоб зробити новий знімок, і менш чим 10 секунд для відновлення стану комп'ютера або окремих файлів зі знімків.

Ви можете перемикати стан комп'ютера між різними знімками. Комп'ютер можна відновити на робочий стан, якщо ОС Windows не завантажується. Eazy Fix відрізняється від будь-якого іншого звичайного рішення для резервного копіювання або відновлення комп'ютера, завдяки своїм унікальним функціям.

Основні можливості Eazy Fix:

– Відновлення системи в робочому стані, навіть якщо ОС Windows не запускається.

– Відновлення вилучених або ушкоджених файлів.

– Очищення комп'ютера від вірусів, програм-шпигунів і інших шкідливих програм.

– Видалення небажаного програмного забезпечення.

– Відкіт при збої під час установки програм.

– Скиданя стан робочі станції до бажаної базової конфігурації після перезавантаження.

– Створення іспитових стендів для тестування програмного забезпечення.

– Захист системи й даних від несанкціонованого доступу.

– Створення образів дисків для резервного копіювання й відновлення вихідного стан.

– Перенос операційної системи комп'ютера, із програмами й файлами на нові комп'ютери.

AOMEI OneKey Recovery

AOMEI OneKey Recovery – простої у використання додатка для створення й відновлення резервної копії системи Windows. Безкоштовна програма допоможе створити розділ відновлення, зробити резервну копію системного розділу й відновити Windows у випадку збоїв у роботі системи. Якщо ваш комп'ютер не може завантажиться через ушкодження системи, і при завантаженні показуються помилки "Boot failure" або "Operating system not found", а у вас не було резервної копії системи, то прийдеться витратити дорогоцінний час, щоб переустановити систему й всі додатки. Щоб уникнути цього, можна скористатися AOMEI OneKey.

Програма є аналогом Lenovo OneKey Recovery, але підтримує всі види комп'ютерів і ноутбуків.

Ви можете використовувати AOMEI OneKey Recovery для відновлення комп'ютера до заводських налаштувань за замовчуванням або використовувати попередньо створену резервну копію, нажавши кнопку "A" у процесі запуску системи.

Основні можливості AOMEI OneKey Recovery:

– Резервне копіювання системи. Виберіть існуючий розділ, щоб виділити необхідне вільне місце для створення роздягнули відновлення, де буде збережений образ резервної копії системи. Для запобігання поверження резервного образа, розділ відновлення буде схований за замовчуванням.

– Відновлення системи. Відновлення комп'ютера до заводських налаштувань або попередньому збереженому стану системи. Це кращий спосіб

повернути роботу Windows у нормальний стан, коли відбувся збій у роботі. Підтримується відновлення системи у вихідне місце або на інший диск/розділ.

– Простота у використанні. Для більшості комп'ютерів, ви можете нажати кнопку "A" на клавіатурі, тоді ваш комп'ютер завантажиться в середовищі Windows PE і автоматично запустить AOMEI OneKey Recovery. Для комп'ютерів із завантаженням EFI / UEFI, ви можете ввійти в програму, використовуючи меню відновлення Windows. AOMEI OneKey Recovery дозволяє настроїти варіанти відображення меню завантаження.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Програмне забезпечення написане мовою Visual C#. Ця мова обрана виходячи з наступних міркувань. Visual C# – строго типізована об’єктно-орієнтована мова, призначена для розробки різноманітних безпечних і потужних додатків, виконуваних у середовищі .NET Framework. Мовою Visual C# можна розробляти звичайні клієнтські додатки Windows, веб-служби XML, розподілені компоненти, додатки типу “ сервер-клієнт”, додатки баз даних і багато яких інших. В Visual C# 2012 є розширений редактор коду, конструктори зі зручним користувальницьким інтерфейсом, вбудований відладник і багато інших засобів, покликані спростити розробку додатків мовою Visual C# версії 5.0 і .NET Framework версії 4.5.

Синтаксис Visual C# дуже виразний, але простий у вивченні. Усі, хто знаком з мовами C, C++ або Java з легкістю взнають синтаксис із фігурними дужками, характерний для мови Visual C#. Розроблювачі, що знають кожну із цих мов, як правило, зможуть домогтися ефективної роботи з мовою Visual C# за дуже короткий час. Синтаксис Visual C# робить простіше те, що було складно в C++, і забезпечує потужні можливості, такі як типи значень Nullable, перерахування, делегати, лямбда-вираження й прямий доступ до пам'яті, чого

немає в Java. Visual C# підтримує універсальні методи й типи, забезпечуючи більше високий рівень безпеки й продуктивності, а також ітератори, що дозволяють при реалізації колекцій класів визначати власне поводження ітерації, що може легко використовуватися в клієнтському коді. В Visual C# 5.0 вираження LINQ (Language-Integrated Query) роблять строго-типізований запит першокласною конструкцією мови.

Як об'єктно-орієнтована мова, Visual C# підтримує поняття інкапсуляції, спадкування й поліморфізму. Всі змінні й методи, включаючи метод `Main` – крапку входу додатка – інкапсулюється у визначення класів. Клас може успадковувати безпосередньо з одного родового класу, але може реалізовувати будь-яке число інтерфейсів. Для методів, які перевизначають віртуальні методи в батьківському класі, необхідно ключове слово override, щоб виключити випадкове повторне визначення. У мові Visual C# структура схожа на полегшений клас: це тип, що розподіляється по стопках, що реалізує інтерфейси, але не підтримуюче спадкування.

На додаток до основних описаних об'єктно-орієнтованих принципів, мова Visual C# спрощує розробку компонентів програмного забезпечення завдяки декільком інноваційним конструкціям мови, у число яких входять наступні:

– Інкапсульовані підписи методів, називані делегатами, які підтримують строго-типізовані повідомлення про події.

– Властивості, що виступають у ролі методів доступу для закритих змінних-членів.

– Атрибути з декларативними метаданими про типи під час виконання.

– Вбудовані коментарі XML-документації.

– LINQ (Language-Integrated Query), що пропонує вбудовані можливості запитів у різних джерелах даних.

Якщо буде потрібно забезпечити взаємодію з іншим програмним забезпеченням Windows, таким як об'єкти COM або власні бібліотеки DLL Win32, у мові Visual C# можна використовувати процес, що називається "Interop".

Процес Interop дозволяє програмам на Visual C# виконувати практично будь-які дії, які може виконувати вихідний додаток на C++. Мова Visual C# підтримує навіть покажчики й поняття "небезпечного" коду для тих випадків, коли прямий доступ до пам'яті має вкрай важливе значення.

Процес побудови Visual C# у порівнянні з C і C++ простий і є більше гнучким, чим в Java. Немає окремих файлів заголовка, а методи й типи не потрібно повідомляти в певному порядку. У вихідному файлі Visual C# може бути визначене будь-яке число класів, структур, інтерфейсів і подій.

Архітектура платформи .NET Framework

Програма мовою Visual C# виконується в середовищі .NET Framework – інтегрованому компоненті Windows, що містить віртуальну систему виконання (середовище CLR) і уніфікований набір бібліотек класів. Середовище CLR являє собою комерційну реалізацію корпорацією Майкрософт інфраструктури CLI, що є міжнародним стандартом, який лежить в основі створення середовищ виконання й розробки, у яких забезпечується тісна взаємодія між мовами й бібліотеками.

Вихідний код, написаний мовою Visual C#, компілюється в проміжну мову (IL) у відповідності зі специфікацією CLI. Код IL і ресурси, такі як растрові зображення й рядки, зберігаються на диску у файлі, що виконується, називаному складаням, з розширенням EXE або DLL у більшості випадків. Складаня містить маніфест із відомостями про типи складаня, версії, мови й регіональні параметри та вимоги безпеки.

При виконанні програми на Visual C# складаня завантажується в середовище CLR залежно від відомостей у маніфесті. Далі, якщо вимоги безпеки дотримані, середовище CLR виконує JIT-компіляцію для перетворення коду IL в інструкції машинного коду. Середовище CLR також надає інші служби, що відносяться до автоматичного збору сміття, обробки виключень і керуванню ресурсами. Код, виконуваний середовищем CLR, іноді називають "керованим кодом" у протиставлення "некерованому коду", що компілюється в машинний

код, призначений для певної системи. Далі показані відносини під час компіляції й час виконання між файлами з вихідним кодом Visual C#, бібліотеками класів .NET Framework, складанями й середовищем CLR.

Взаємодія між мовами є ключовою особливістю .NET Framework. Оскільки код IL, створюваний компілятором Visual C# відповідає специфікації CTS, код IL на основі Visual C# може взаємодіяти з кодом, створюваним версіями мов Visual Basic, Visual C++, Visual J# платформи .NET Framework і ще більш ніж 20 CTS-сумісних мов. В одному складані може бути кілька модулів, написаних на різних мовах платформи .NET Framework, і типи можуть посилатися один на одного, як якби вони були написані на одній мові.

Крім служб часу виконання, в.NET Framework також є велика бібліотека, що складається з більш ніж 4000 класів, організованих по просторах імен, які забезпечують різноманітні корисні функції для будь-яких дій, починаючи від введення й виведення файлів для керуванням рядками для розбивки XML, і закінчуючи елементами керування Windows Forms. У звичайному додатку мовою Visual C# бібліотека класів .NET Framework інтенсивно використовується для "устрою" коду.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускну кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи автоматизованого резервного копіювання даних.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи

технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформувати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Оцінимо час, необхідний для відновлення даних, і занесемо його до реєстру. Для сервісів, що допускають лише мінімальні перерви, він повинне бути менше, а для сервісів, що вимагають архівного зберігання, відновлення можливо з деякою затримкою.

Як завжди, виникає боротьба протиріч: з одного боку, бізнесу потрібні неспинно працюючі сервіси, відновлювані «по клацанню», а з іншого боку – IT-фахівцям, зацікавленим у зниженні свого навантаження, хотілося б, щоб резервного копіювання було потрібно якнайменше. Рішення про те, яке компромісний стан найбільше підходить для вашого підприємства й уписується в бюджет, буде прийнято пізніше. Зараз же досить підготувати два-три сценарії, у яких представлені як тверді, так і м'які вимоги до доступності сервісів.

До речі, як бути, якщо СРК уже є? Порахуйте вартість її супроводу, обслуговування й оплати праці персоналу. Можливо, витрати на впровадження й експлуатацію нової СРК, що ми виберемо в остаточному підсумку, буде порівнянна з вартістю володіння існуючої СРК, скажемо, за три роки.

Давайте оцінимо, які ризики виникають і які збитки спричиняє відсутність того або іншого сервісу. Якщо точні розрахунки зробити складно, можна використовувати формулювання «від і до» або оцінити вплив ризику на оберти компанії (у частковому відношенні). У результаті до реєстру додасться вартість втрати того або іншого сервісу.

Далі вважаємо обсяг даних, що захищаються. Висококритичні сервіси необхідно відновлювати швидко, тому для них, швидше за все, прийдеться робити копію не тільки даних самих додатків, але й системної інформації. До речі, якщо відмова активного мережного встаткування приведе до втрати

критично важливих сервісів, то потрібно зберігати конфігурацію й це встаткування. Для сервісів, дані яких призначені для архівного зберігання, досить мати копію користувальницьких даних. Однак у цьому випадку час відновлення збільшується, тому що при відмові спочатку прийде встановити й зконфігурувати сервер і тільки потім відновити користувальницькі дані.

Таким чином, до реєстру додаємо інформацію про обсяг і характер захищаємих даних (віртуальні машини, сервери Windows, бази даних SQL, поштовий сервер і т.д.), швидкості мережних підключень і їхньої доступності.

Тепер самий час подумати про архітектуру СРК. Для цього потрібно відповісти на кілька питань про необхідну працездатність інфраструктури. Наскільки може деградувати сервіс вашої компанії, щоб ризики були мінімальними? Від яких сервісів можна відмовитися в критичній ситуації і які повинні надаватися в першу чергу? Як реалізувати безпека зберігання резервних даних?

Якщо втрата розрахункового центра рівносильна зупинці діяльності компанії, те, крім резервного ЦОДа, потрібно мати географічно виділену резервну копію даних. З'ясуєте, потрібно чи вам проектувати відказостійкий кластер або досить мати виключене встаткування в іншому ЦОДі або підготовлені й відключені сервіси в хмарі. Якщо розрахунковий центр оперує постійно змінюються даними, зберігання яких не представляє цінності, оскільки потрібний тільки підсумковий розрахунок для ретроспективи, сервери обробки даних можна не вносити в розклад резервного копіювання.

Якщо у вашої компанії є філії, те, можливо, копії доцільно передавати на зберігання в іншу філію або організувати централізоване керування системою й зберіганням даних. Для цього оцініте обсяг даних, що захищаються, у філіях, канали передачі даних між ними, наявність компетенцій в IT-фахівців. Визначите можливі вікна резервного копіювання й порахуйте навантаження на канали, особливо якщо філії рознесені географічно або цільова архітектура СРК припускає вилучене зберігання резервних копій. Процес резервного копіювання

створює навантаження на робочу систему, а в деяких випадках вимагає певних дій з даними, щоб вони залишалися погодженими. Тому вікно резервного копіювання повинне бути заплановане поза періодами продуктивного використання сервісів або на час їхньої мінімальної затребуваності, тоді всі необхідні операції резервного копіювання будуть виконуватися із запасом.

3.2 Розробка структурної схеми

Для виробітку методики копіювання даних варто визначитися з тим, що потрібно:

– відчуження копій, запис на носії інформації й перенесення даних на іншу територію;

– фізичне переміщення даних або копіювання по мережі;

– повне або інкрементне резервне копіювання.

По суті, повне резервне копіювання всіх даних потрібно виконувати лише двічі: перший раз в обов'язковому порядку при уведенні СРК в експлуатацію й другий раз – з мізерно малою ймовірністю – при повній втраті даних у ЦОДі. З обліком сказаного варто спокійно ставитися до перевезення декількох десятків накопичувачів інформації фізичним транспортом, адже прокачати великий обсяг по мережі сьогодні не завжди можливо. До того ж при необхідності дані можна зашифрувати. Після запуску СРК досить оперувати тільки інкрементними копіями, тому що багато сучасних систем здатні створювати з них повні копії, а інструментів для скорочення навантаження на канал, стиски й дедуплікації трафіку сьогодні цілком достатньо.

Таким чином, на даному етапі у вас буде створений реєстр всіх сервісів компанії, зроблена їхня класифікація по вимогах з боку бізнесу й складене подання про цільову архітектуру системи. Цей реєстр можна вважати технічними вимогами до СРК, причому, як ви, імовірно, догадалися, у них уже включена інформація про RPO і RTO, обсязі й характеристиках захищаємих даних, вікнах

резервування й топології системи. Фактично, якщо ви зробили оцінний аналіз різних рішень, про що говорилося вище, у вас буде заготовлено кілька альтернативних сценаріїв реалізації проекту СРК, що не залежать від апаратного й програмного забезпечення.

Якщо система резервного копіювання вже є, перевірте, наскільки вона відповідає сформованим технічним вимогам і чи можна існуючу СРК у її поточному стані привести до цільової моделі. Якщо так, що потрібно для цього зробити?

Якщо ви вважаєте, що зробили вже досить, беріть свої вимоги й відправляйте на оцінку у відділи підготовки продажів різних вендорів або інтеграторів. Багато компаній готові боротися за потенційного покупця, забезпечують достатню фінансову підтримку офісам пеедпродаж і можуть безкоштовно виконати розрахунок. Будь-який замовник, що відноситься до корпоративного сегмента (Enterprise), може сміло звертатися до лідерів із квадранта Gartner і запитувати попередню оцінку вартості сценаріїв СРК. Для невеликих компаній, імовірно, не буде потрібно додаткового апаратного забезпечення й підійде вільно розповсюджуване ПЗ, що має досить довгу історію експлуатації й позитивні відгуки.

Якщо є бажання рухатися далі, прийдеться пройти дорога назад і розробити план відновлення. Тут доречно буде скористатися знанням про особливості функціонування сервісу й для кожного виду технології розробити свій локальний план. Кілька локальних планів послідовно вишиковують у ланцюжки так, щоб для кожного наступного сервісу були готові інфраструктура, середовище й інші сервіси. Ці ланцюжки й будуть становити план відновлення. Окремо відзначимо, що вони залежать від масштабів інциденту.

У підсумку у вас з'являться пропозиції по проектуванню СРК на базі рішень декількох вендорів і відповідно до декількох сценаріїв. Вам залишиться врахувати наявні обмеження й ухвалити рішення щодо виборі цільової моделі в рамках відведеного бюджету. Згрупуйте сервіси по класифікації й підсумуйте

рядки реєстру, а потім продемонструйте СЕО варіанти реалізації СРК. Покажіть наочно, за які гроші він одержить відновлення сервісів компанії й з якою швидкістю. Укажіть, які ризики запобігають і яка передбачувана ціна цих ризиків.

Система автоматизованого резервного копіювання даних, яка розроблена у результаті виконання дипломного проектування, будується на використанні технології Intel Matrix Storage Technology, з використанням RAID 0 та RAID 1 або RAID 6, в залежності від кількості дисків у RAID-масиві. Якщо диска два, то використовується RAID 1, якщо ж їх більше то використовується RAID 6.

RAID 0 дозволяє розбивати інформацію на блоки, які одночасно записуються на окремі диски, що забезпечує підвищення продуктивності. Такий спосіб зберігання інформації ненадійний, оскільки поломка одного диска приводить до втрати всієї інформації.

При використанні RAID 1 два накопичувачі містять однакову інформацію і є одним логічним диском. При виході з ладу одного диска його функції виконує інший. Для реалізації масиву потрібно не менше двох вінчестерів.

RAID 6 дозволяє сформувати відказостійкий масив незалежних дисків з розподілом контрольних сум, обчислених двома незалежними способами. В ньому використовується дві незалежні схеми контролю парності, що дозволяє зберігати працездатність системи при одночасному виході з ладу двох накопичувачів. Для обчислення контрольних сум в RAID 6 використовується алгоритм, побудований на основі коду Ріда-Соломона (Reed-Solomon).

Структурна схема розробленої системи зображена на рисунку 3.1.

З випуском чипсетів 915 і 925 Intel також анонсувала новий, більше гнучкий контролер накопичувачів за назвою Matrix Storage Technology. Він може підтримувати декілька одночасно працюючих масивів RAID на тому самому наборі приводів. Нагадаємо, що масив RAID використовує одночасно кілька приводів, що дозволяє підвищити продуктивність підсистеми зберігання, одночасно забезпечуючи захист від збою привода.

Із двома портами Serial ATA контролер Matrix RAID можна настроїти на два масиви RAID 0 або RAID 1. У чипсетів 945P і 955X підтримуються чотири порти SATA, так що й опцій тут більше. Із трьома встановленими жорсткими дисками SATA південний міст ICH 7-R підтримує ще й масив RAID 6, а із чотирма вінчестерами – RAID 6 і RAID 10. RAID 0 може працювати з кількістю жорстких дисків до чотирьох, у той час як RAID 1 доступний тільки по парах.

Досить цікавою можна назвати можливість сполучення швидкого масиву (приміром, RAID 0) з надлишковим масивом (типу RAID 1 або 6). Наприклад, при використанні двох приводів на RAID 0 можна встановити операційну систему й програми. На другому масиві RAID 1 можна зберігати документи, важливі файли або навіть образ операційної системи для відновлення.

Із чотирма дисками можливо ще більше варіантів. Скажемо, сполучення RAID 0 і RAID 6. Але варто пам'ятати, що три жорсткі диски є мінімально необхідною умовою для RAID 6, що гарантує схоронність даних у випадку виходу з ладу одного жорсткого диска.

Драйвер Intel Matrix Storage Manager підтримує різні режими міграції, включаючи перехід з одного привода на масив RAID або додавання привода до існуючого масиву RAID.

Контролер SATA підтримує "рідну" чергу команд, а також швидкість 300 Мбайт/м для кожного порту SATA. Втім, така швидкість навряд чи дає яку-небудь перевагу, оскільки швидкість читання із пластин не перевищує 80 Мбайт/с, а швидкість читання з кеша вінчестера прямо мало впливає на продуктивність.

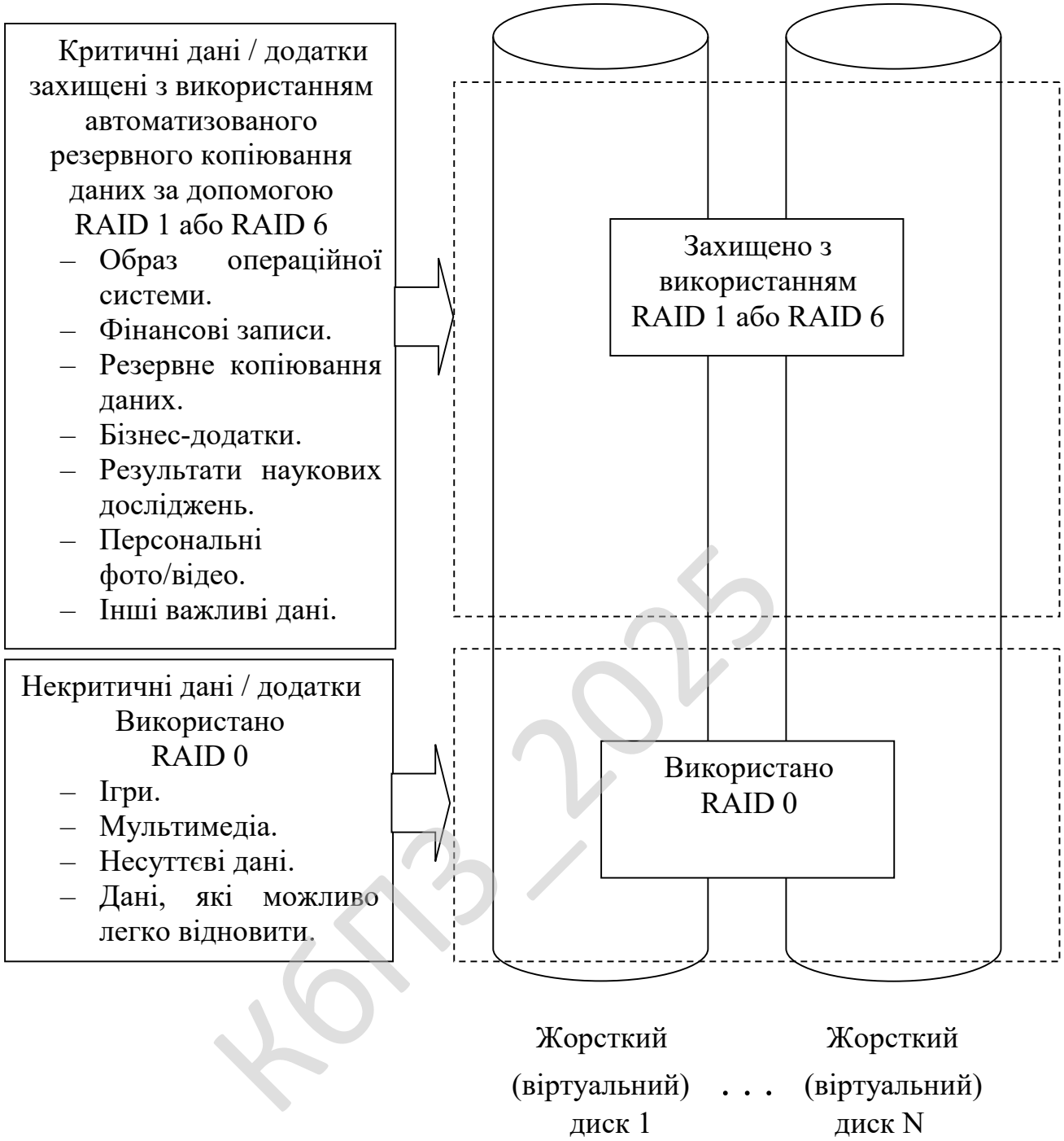

Рисунок 3.1 – Структурна схема розробленої системи

Контролер SATA у південному мосту ICH7 обзавівся підтримкою Advanced Host Controller Interface (ICHI). Специфікація 1.1 описує інтерфейс на рівні регістрів і допомагає стандартизації контролерів SATA-II. Попередні реалізації працювали на власних схемах, тому подібний крок досить важливий для

ефективного використання черги команд. Але поки ще занадто рано оцінювати ступінь важливості.

Реально програмне забезпечення створює віртуальні диски на яких імітується RAID-масив. Для цього створюється як мінімум 2 віртуальні диски, які дозволяють гарантовано зберігати інформацію за допомогою RAID 0 та RAID 1, якщо дисків створюється більше ніж 2 то гарантовано зберігається інформація за допомогою RAID 0 та RAID 6.

3.3 Розробка функціональної схеми

На рисунку 3.2 зображена функціональна схема системи. Нижче розглянемо її більш докладно.

Система складається з наступних блоків.

Блок вибору кількості дисків – призначений для визначення кількості дисків з яких буде складатися RAID-масив. Якщо дисків буде 2 то буде використовуватися технологія RAID 0 та RAID 1. Якщо дисків буде більше 2 то буде використовуватися технологія RAID 0 та RAID 6.

Блок формування віртуальних дисків використовується у разі коли диск тільки один. Тоді на цьому диску формуються декілька віртуальних дисків, з якими відбуваються дії аналогічні як ті, що відбуваються над фізичними дисками. Тобто RAID-масив формується з віртуальних дисків.

Блок розподілу інформації за критерієм критичності/важливості визначає який саме вид RAID-масиву необхідно буде використовувати. Якщо інформація не є критичною то буде використовуватися RAID 0. Якщо інформація є важливою, то в залежності від ступеня важливості, та вимог до швидкодії, буде використовуватися або RAID 1, який є більш швидким, та менш надійним, або RAID 6, який є дуже надійним але менш швидким.

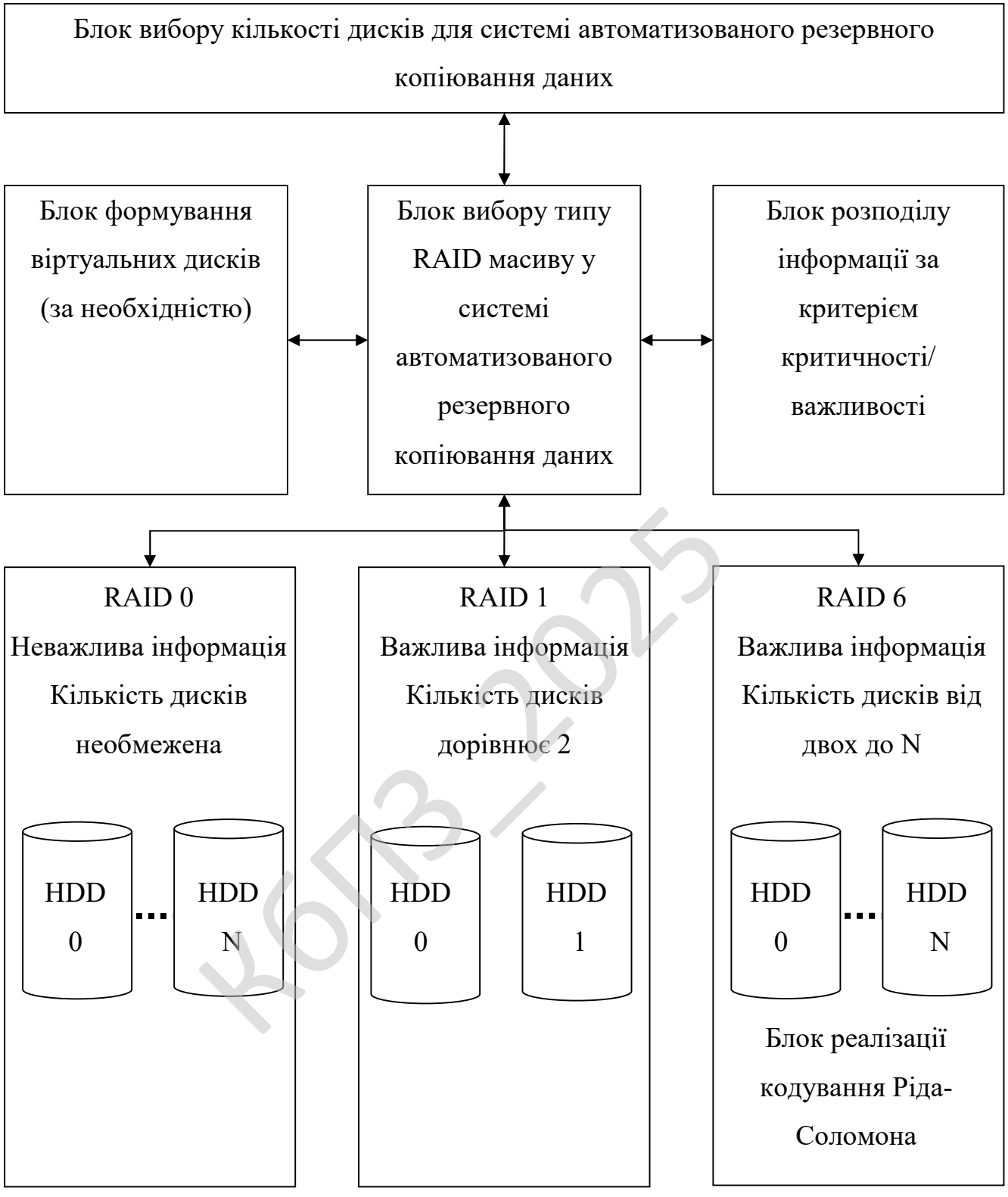

Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

Блок вибору типу RAID масиву дозволяє автоматично, в залежності від заданих параметрів у попередніх блоках, визначити, який саме тип RAID-масиву

потрібен для зберігання тієї, або іншої інформації. Блоки RAID 0, RAID 1 та RAID 6 реалізують ту, або іншу технологію. У блоці RAID 6 використовується кодек Ріда-Соломона. Нижче надамо опис цього кодеку.

Коди Ріда-Соломона – недвійкові циклічні коди, що дозволяють виправляти помилки в блоках даних. Елементами кодового вектора є не біти, а групи біт (блоки). Дуже поширені коди Ріда-Соломона, що працюють із байтами (октетами).

У цей час широко використовується в системах відновлення даних з компакт-дисків, при створенні архівів з інформацією для відновлення у випадку ушкоджень, у завадостійкому кодуванні.

Коди Ріда-Соломона є важливим частковим випадком БЧХ-коду, корінь полінома, що породжує, якого лежать у тім же полі, над яким і будується код ($m = 1$).

Коди Боуза-Чоудхури-Хоквингхема (БЧХ коди) – у теорії кодування це широкий клас циклічних кодів, застосовуваних для захисту інформації від помилок. Відрізняється можливістю побудови коду із заздалегідь певними коригувальними властивостями, а саме, мінімальною кодовою відстанню.

Поліном, що породжує

Визначення поліномом, що породжує, циклічного (n,k) *коду* C називається такий ненульовий $g(x) = \sum_{i=0}^{r} g_i x^i$ поліном з C, ступінь якого найменша й коефіцієнт при старшому *ступені* $g_r = 1$.

Теорема 3.1

Якщо C – циклічний (n,k) код і $g(x)$ – його поліном, що породжує, тоді *ступінь* $g(x)$ *дорівнює* $r = n - k$ і кожне кодове слово може бути єдиним чином представлено у вигляді $c(x) = m(x)g(x)$, де ступінь $m(x)$ менше або дорівнює $k - 1$.

Теорема 3.2

$g(x)$ – поліном, що породжує, циклічного (n,k) коду є дільником *двочлена* $x^n - 1$.

Наслідок: у такий спосіб як поліном, що породжує, можна вибирати будь-який поліном, дільник $x^n - 1$. Ступінь обраного полінома буде визначати кількість перевірочних символів r, число інформаційних символів $k = n - r$.

Матриця, що породжує

Поліноми $g(x), xg(x), x^2g(x), \ldots, x^{k-1}g(x)$ лінійно незалежні, інакше $m(x)g(x) = 0$ при ненульовому $m(x)$, що неможливо.

Значить кодові слова можна записувати, як і для лінійних кодів, наступним чином:

$$\overline{m}G = (m_0, m_1, ..., m_{k-1}) \begin{bmatrix} g(x) \\ xg(x) \\ ... \\ x^{k-1}g(x) \end{bmatrix} = m(x)g(x), \qquad (3.1)$$

де G є *матрицею, що* породжує, $m(x)$ – інформаційним поліномом.

Матрицю G можна записати в символьній формі:

$$G = \begin{bmatrix} g_0 & g_1 & \ldots & g_{r-1} & g_r & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & g_0 & \ldots & g_{r-2} & g_{r-1} & g_r & \ldots & 0 \\ . & . & \ldots & . & . & . & \ldots & . \\ 0 & 0 & \ldots & 0 & g_0 & g_1 & \ldots & g_r \end{bmatrix}$$

Перевірочна матриця

Для кожного кодового слова циклічного коду справедливо $c(x) = 0 \mod g(x)$. Тому *перевірочну матрицю* можна записати як $H = \begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & \ldots & x^{n-2} & x^{n-1} \end{bmatrix} \mod g(x)$.

Тоді:

$$\overline{c}H^T = \sum_{i=0}^{n-1} c_i x^i \bmod g(x). \qquad (3.2)$$

Нехай α – елемент поля $GF(q)$ порядку n. Якщо α – *примітивний* елемент, то його порядок дорівнює q-*1*, т.е. $\alpha^{q-1}=1$, $\alpha^i \neq 1$, $0 < i < q - 1$.

Тоді нормований поліном $g(x)$ мінімального ступеня над полем $GF(q)$, корінням якого є $d - 1$ підряд, що йдуть ступенів, $\alpha^{l_0}, \alpha^{l_0+1}, \ldots, \alpha^{l_0+d-1}$ елемента α, є поліномом, що породжує, коду над *полем* GF*(*q)

$g(x) = (x - \alpha^{l_0})(x - \alpha^{l_0+1}) \dots (x - \alpha^{l_0+d-1})$:, де l_0 – деяке ціле число (у тому числі 0 і 1), за допомогою якого іноді вдається спростити кодер. Звичайно покладається $l_0 = 1$. Ступінь багаточлена $g(x)$ дорівнює $d - 1$.

Довжина отриманого коду n, мінімальна відстань d (мінімальна відстань d лінійного коду є мінімальним із всіх відстаней Хеммінга всіх пар кодових слів). Код містить $r = d - 1 = \deg(g(x))$ перевірочний символ, де deg() позначає ступінь полінома; число інформаційних символів $k = n - r = n - d + 1$. У такий спосіб $d = n - k - 1$ і код Ріда-Соломона є *роздільним кодом з максимальною відстанню* (є оптимальним у змісті границі Синглтона).

Кодовий поліном $c(x)$ може бути отриманий з інформаційного полінома $m(x)$, $\deg m(x) \le k - 1$, шляхом перемножування $m(x)$ і $g(x)$: $c(x) = m(x)g(x)$.

Властивості

Код Ріда-Соломона над $GF(q^m)$, що виправляє t помилок, вимагає $2t$ перевірочних символів і з його допомогою виправляються довільні пакети довжиною t і менше. Відповідно до теореми про границю Рейгера, коди Ріда-Соломона є оптимальними з погляду співвідношення довжини пакета й можливості виправлення помилок – використовуючи $2t$ додаткових перевірочних символів виправляються t помилок (і менш).

Теорема (границя Рейгера). Кожний лінійний блоковий код, що виправляє всі пакети довжиною t і менш, повинен містити щонайменше $2t$ перевірочних символів.

Виправлення багаторазових помилок

Код Ріда-Соломона є одним з найбільш потужних кодів, що виправляють багаторазові пакети помилок. Застосовується в каналах, де пакети помилок можуть утворюватися настільки часто, що їх уже не можна виправляти за допомогою кодів, що виправляють одиночні помилки. $(q^m - 1, q^m - 1 - 2t)$-код Ріда-Соломона над полем $GF(q^m)$ з кодовою відстанню $d = 2t + 1$ можна розглядати як $((q^m - 1)m, (q^m - 1 - 2t)m)$-код над полем $GF(q)$, що може виправляти будь-яку комбінацію помилок, зосереджену в t або меншому числі

блоків з m символів.

Найбільше число блоків довжини m, які може торкнути пакет довжини l_i, де $l_i <= mt_i - (m - 1)$, не перевершує t_i, тому код, що може виправити t блоків помилок, завжди може виправити й будь-яку комбінацію з p пакетів загальної довжини l, якщо $l + (m - 1) <= mt$.

Практична реалізація

Кодування за допомогою коду Ріда-Соломона може бути реалізовано двома способами: систематичним і несистематичним.

При несистематичному кодуванні інформаційне слово множиться на якийсь полином, що неприводиться, у полі Галуа. Отримане закодоване слово повністю відрізняється від вихідного й для добування інформаційного слова потрібно виконати операцію декодування й уже потім можна перевірити дані на зміст помилок. Таке кодування вимагає більші витрати ресурсів тільки на добування інформаційних даних, при цьому вони можуть бути без помилок.

При систематичному кодуванні до інформаційного блоку з k символів приписуються $2t$ перевірочних символів, при обчисленні кожного перевірочного символу використовуються всі k символів вихідного блоку.

У цьому випадку немає витрат ресурсів при добуванні вихідного блоку, якщо інформаційне слово не містить помилок, але кодер/декодер повинен виконати $k(n - k)$ операцій додавання й множення для генерації перевірочних символів. Крім того, тому що всі операції проводяться в поле Галуа, те самі операції кодування/декодування вимагають багато ресурсів і часу. Швидкий алгоритм декодування, заснований на швидкому перетворенні Фур'є, виконується за час порядку lnn^2.

Кодування

При операції кодування інформаційний поліном множиться на багаточлен, що породжує. Множення вихідного слова S довжини k на не приводиться полином, що, при систематичному кодуванні можна виконати в такий спосіб:

– До вихідного слова приписуються $2t$ нулів, виходить поліном $T = Sx^{2t}$.

– Цей поліном ділиться на поліном, що породжує, G, перебуває залишок R, $Sx^{2t} = QG + R$, де Q – частка.

– Цей залишок й буде коригувальним кодом Ріда-Соломона, він приписується до вихідного блоку символів. Отримане кодове слово $C = Sx^{2t} + R$.

Кодер будується зі регістрів зсуву, суматорів і перемножувачів. Регістр зсуву складається з комірок пам'яті, у кожній з яких перебуває один елемент поля Галуа.

Наведений як приклад кодер Ріда-Соломона генерує 16 коригувальних байт, що дозволяє виправляти до 8 і виявляти до 16 помилок у кадрі даних.

Перемножувачі на константи $GF(0)...GF(15)$ у полі Галуа реалізуються в такий спосіб: спочатку вихідне число й константа перетворяться в індексну форму, потім складаються в межах байта без обліку переносу.

Результатом операції є результат додавання, перетворена обернено в поліноміальну форму.

При переході від однієї форми подання даних до інший доцільно використовувати таблицю істинності розміром 256 байт, що становить ємність одного EAB (Embedded Array Block – блок зосередженої пам'яті). Для реалізації кодеру потрібно 16 таких перемножувачів, при цьому те саме число множиться на різні константи, що дозволяє використовувати для його перекладу в індексну форму один EAB.

Для перекладу результатів у поліноміальну форму потрібно вже 16 таких таблиць, що вимагає застосування IMC FPGA дуже великої ємності. У запропонованій схемі використовується тактування кодера із частотою, в 8 разів перевищуючу частоту надходження байт даних.

Це дає можливість використовувати дві пари «суматор – EAB", мультиплексуючи константи на входах суматорів і дозволяючи роботу регістрів-накопичувачів у моменти появи відповідних даних на виходах засувок EAB.

На структурній схемі кодера (рисунок 3.2) символу «С» відповідають дві константи $GF(n)$.

Символ «L» у логіці регістрів-накопичувачів відповідає наступний: вихід компаратора нуля (символи CMP0 і SYNC) дозволяє роботу схеми «АБО що виключає ", на входи якої подаються вихід попереднього регістра й EAB. Якщо ж вектор зворотного зв'язку дорівнює "0", схема пропускає дані з виходу попереднього регістра-накопичувача на вхід наступного.

У результаті кодер з урахуванням схеми синхронізації (на рисунку не показана) займає 255 LE (Logic Element – логічний елемент) і 3 EAB, що дозволяє розмістити його в IMC EPF10K10. Після оптимізації розміщення схеми на кристалі FPGA швидкодія схеми досяглася 11,57 Мгц (частота надходження байт даних, далі – байтова частота).

При використанні IMC EPF10K20, у складі якої 6 EAB, використовуючи 4 пари "суматор – EAB", можна тактувати кодер із частотами, що перевищують байтову частоту не в 8, а в 4 рази, що дозволить підняти її до 25...30 Мгц.

Декодування

Декодер, що працює по авторегресивному спектральному методі декодування, послідовно виконує наступні дії:

– Обчислює синдром помилки.

– Будує поліном помилки.

– Знаходить корінь даного полінома.

– Визначає характер помилки.

– Виправляє помилки.

Обчислення синдрому помилки

Обчислення синдрому помилки виконується синдромним декодером, що ділить кодове слово на багаточлен, що породжує. Якщо при діленні виникає остача, то в слові є помилка. Остача від ділення є синдромом помилки.

Побудова полінома помилки

Обчислений синдром помилки не вказує на положення помилок. Ступінь полінома синдрому дорівнює $2t$, що багато менше ступеня кодового слова n. Для одержання відповідності між помилкою і її положенням у повідомленні

будується поліном помилок.

Поліном помилок реалізується за допомогою алгоритму Берлекемпа-Мессі, або за допомогою алгоритму Евкліда. Алгоритм Евкліда має просту реалізацію, але вимагає більших витрат ресурсів. Тому частіше застосовується більше складний, але менш затратоємний алгоритм Берлекемпа-Мессі. Коефіцієнти знайденого полінома безпосередньо відповідають коефіцієнтам помилкових символів у кодовому слові.

Алгоритм Евкліда виконується наступним чином.

Нехай a і b суть цілі числа, не рівні одночасно нулю, і послідовність чисел $a, b, r_1 > r_2 > r_3 > r_4 > \cdots > r_n$ визначена тим, що кожне r_k це остача від ділення перед-попереднього числа на попереднє, а передостаннє ділиться на останнє нацело, тобто

$$\begin{aligned} a &= bq_0 + r_1 \\ b &= r_1q_1 + r_2 \\ r_1 &= r_2q_2 + r_3 \\ &\cdots \\ r_{n-1} &= r_nq_n \end{aligned} \qquad (3.3)$$

Тоді (a,b), найбільший загальний дільник a і b, дорівнює r_n, останньому ненульовому члену цієї послідовності.

Існування таких $r_1,r_2,...$, тобто можливість ділення з остачею m на n для будь-якого цілого m і цілого $n \neq 0$, доводиться індукцією по m.

Коректність цього алгоритму випливає з наступних двох тверджень:

– Нехай $a = bq + r$, тоді $(a,b) = (b,r)$.

– $(0,r) = r$. для будь-якого ненульового r.

Знаходження корня

На цьому етапі шукаються коріння полінома помилки, що визначають положення перекручених символів у кодовому слові. Реалізується за допомогою процедури Ченя, рівносильній повному перебору. У поліном помилок послідовно підставляються всі можливі значення, коли поліном звертається в нуль – коріння

знайдені.

Визначення характеру помилки і її виправлення

По синдрому помилки й знайдених корінь полінома за допомогою алгоритму Форни визначається характер помилки й будується маска перекручених символів. Ця маска накладається на кодове слово за допомогою операції XOR і перекручені символи відновлюються. Після цього відкидаються перевірочні символи й виходить відновлене інформаційне слово.

Розглянувши усі блоки функціональної схеми перейдемо до розгляду діаграми взаємодії процесів, які відбуваються у системі.

3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма взаємодії процесів системи, розробленої у результаті виконання бакалаврської дипломної роботи, наведена на рисунку 3.3.

При детальному її розгляді можна побачити як саме проходе взаємодія у розробленій системі. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.

Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування). Для розробника вважається звичним спочатку креслити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи. Ця діаграма в подальшому підлягає уточненню шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється.

Діаграми потоків даних містять чотири типи елементів:

– Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.

– Сховища даних (репозиторії).

– Зовнішні по відношенню до системи сутності.

– Потоки даних між елементами трьох попередніх типів.

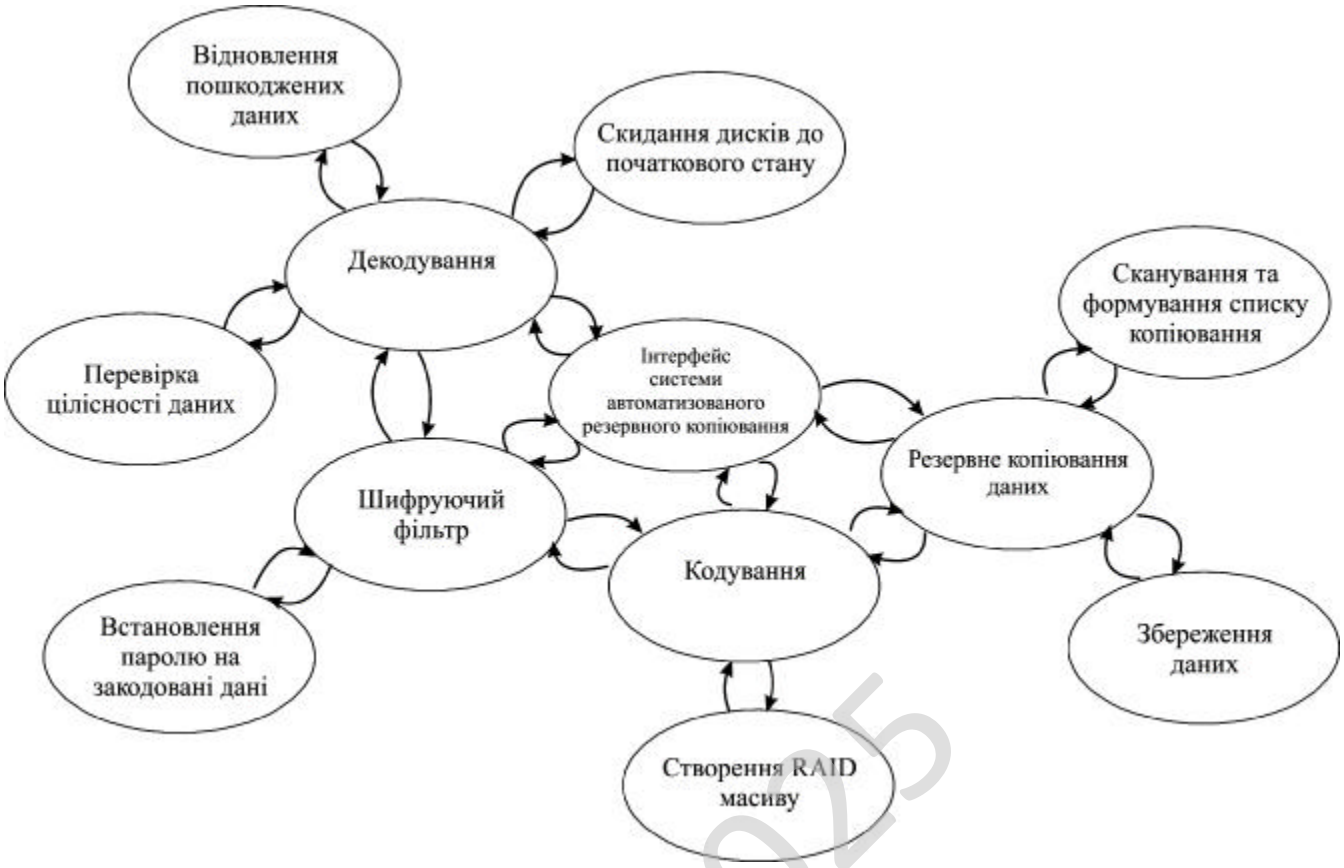

Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Таким чином, розглянувши опис системи, структурну, функціональну схеми системи, та діаграму взаємодії процесів перейдемо до опису блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Первинною стадією без якої не відбувається розробка програмного забезпечення це звичайно розробка блок-схем. На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми, на рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми. З якої видно що робота основної програми складається з початкових етапів ініціалізації ПЗ, перевірки наявності ресурсів системи, блоку початку основного циклу з чеканням запиту від користувача в якому відбувається виклик підпрограми та останньої стадії – перевірка поточного стану з завершенням роботи розробленого ПЗ.

При роботі підпрограми виконується основний функціонал системи з циклічними послідовностями, перевіркою поточного стану та поверненням в основну програму прапорів стану виконання.

При виборі початкової точки відліку при побудові схем було враховано, що виходячи з вибору мови програмування і інших технічних засобів, програма буде об’єктно-орієнтована що вимагає оптимізації програми високого рівня, також те, що при розробці програми слід надати особливу увагу модулю системи автоматизованого резервного копіювання даних.

Під час роботи над бакалаврською дипломною роботою було створено блок-схеми. Перед їх розглядом необхідно провести роз’яснення який саме тип блок-схем використовується.

Блок-схема це представлення задачі для її аналізу або розв'язування за допомогою спеціальних символів (геометричних образів), які позначають такі елементи, як операції, потік, дані тощо. Блок вхідних та вихідних даних прийнято

позначати паралелограмом, блок обчислень (обробки) даних – прямокутником, блок прийняття рішень – ромбом, еліпсом – початок та кінець алгоритму.

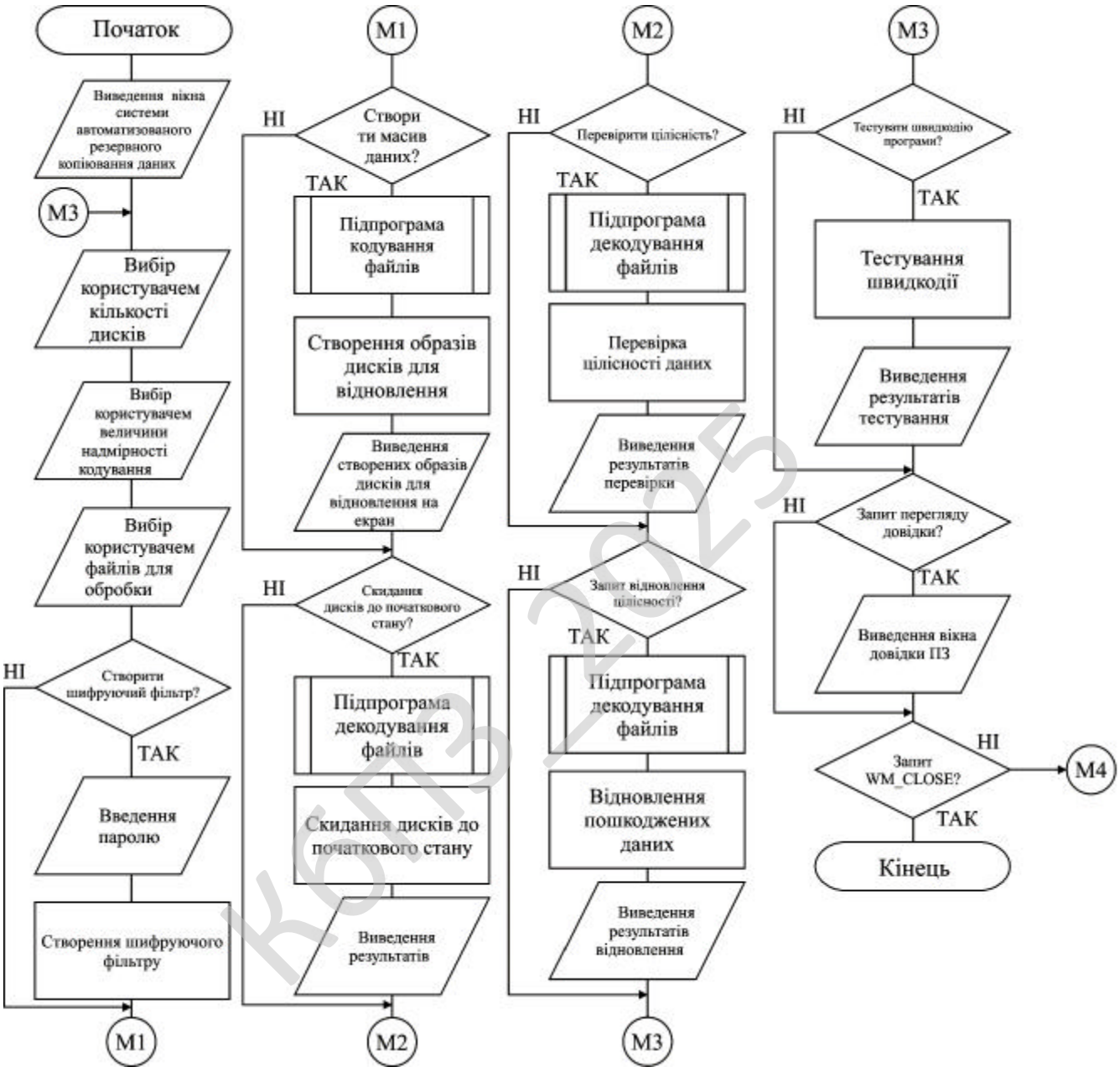

Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

У інформаційних технологіях функціональна схема складається з функціональних блоків, які являють собою конструктивно відособлені частини (елементи або пристрої) автоматичних систем, які виконують певні функції.

Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів.

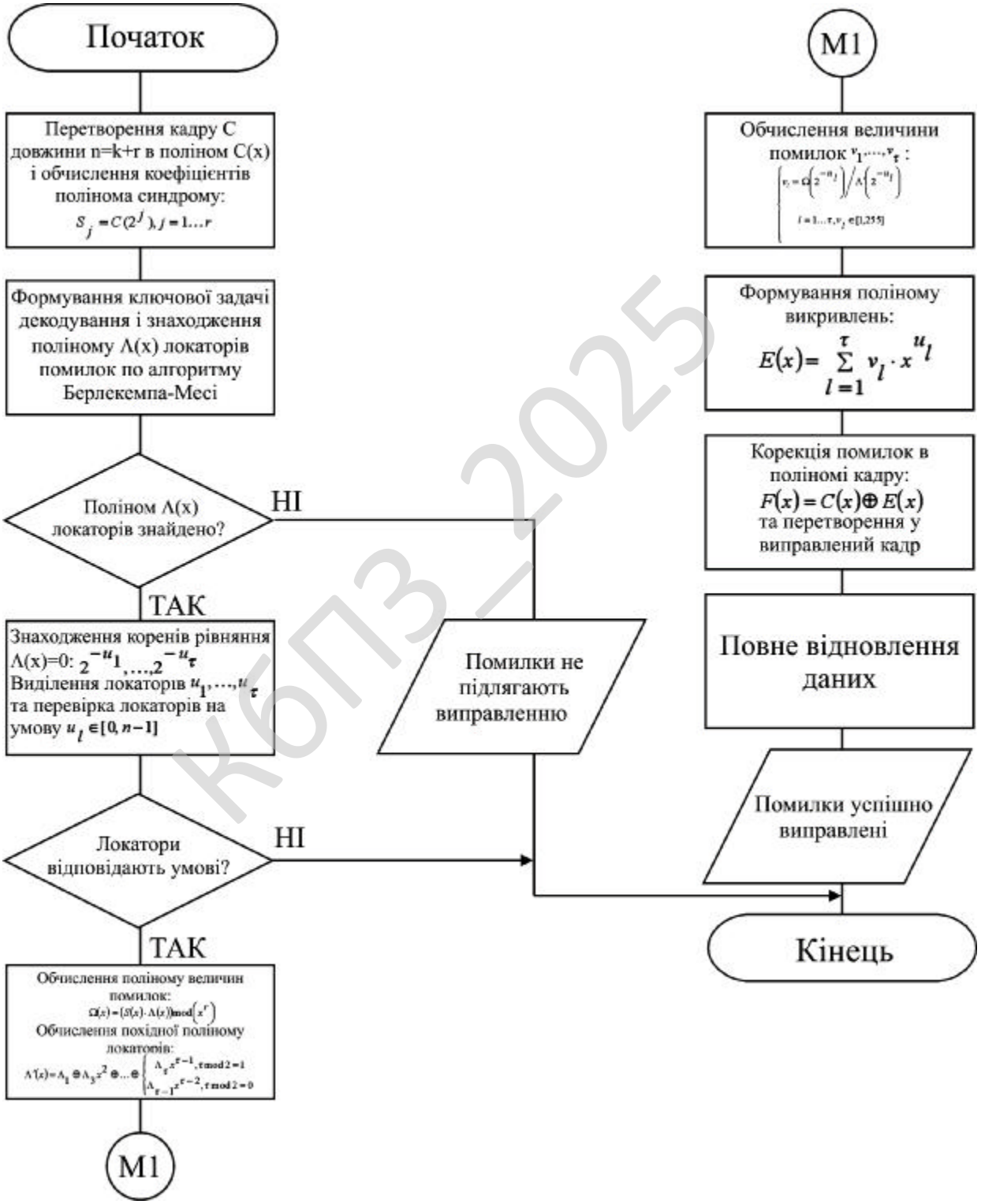

Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Функціональні схеми можуть виконуватися в укрупненому і розгорненому вигляді. У першому випадку на схемі зображають найважливіші блоки системи і зв'язки між ними.

У другому варіанті схема відображається більш детально, що полегшує її читання та ілюструє принцип роботи.

Основні елементи схем алгоритму це термінатор, процес, рішення, зумовлений процес (підпрограма), дані та з'єднувач.

Термінатор це елемент відображає вхід із зовнішнього середовища або вихід з неї (найчастіше застосування – початок і кінець програми). Всередині фігури записується відповідна дія.

Процес це виконання однієї або кількох операцій, обробка даних будь-якого виду (зміна значення даних, форми подання, розташування). Всередині фігури записують безпосередньо самі операції.

Рішення це показує рішення або функцію перемикального типу з одним входом і двома або більше альтернативними виходами, з яких тільки один може бути обраний після обчислення умов, визначених всередині цього елементу. Вхід в елемент позначається лінією, що входить зазвичай у верхню вершину елементу. Якщо виходів два чи три то зазвичай кожен вихід позначається лінією, що виходить з решти вершин (бічних і нижній). Якщо виходів більше трьох, то їх слід показувати однією лінією, що виходить з вершини (частіше нижній) елемента, яка потім розгалужується. Відповідні результати обчислень можуть записуватися поруч з лініями, що відображають ці шляхи.

Зумовлений процес (підпрограма) це символ відображає виконання процесу, що складається з однієї або кількох операцій, що визначені в іншому місці програми (у підпрограмі, модулі). Всередині символу записується назва процесу і передані в нього дані.

Дані це перетворення у форму, придатну для обробки (введення) або відображення результатів обробки (виведення). Цей символ не визначає носія даних (для вказівки типу носія даних використовуються специфічні символи).

З'єднувач це символ відображає вихід в частину схеми і вхід з іншої частини цієї схеми. Використовується для обриву лінії та продовження її в іншому місці (приклад: поділ блок-схеми, що не поміщається на листі). Відповідні сполучні символи повинні мати одне (при тому унікальне) позначення.

Також при розробці бакалаврської дипломної роботи було використано наступні підходи UML: діаграма діяльності (діаграми поведінки типу); діаграма прецедентів (діаграми поведінки типу); Діаграма класів; Діаграма компонент; Діаграма об'єктів; Діаграма розгортання.

Діаграма діяльності. Це візуальне представлення графу діяльностей. Граф діяльностей є різновидом графу станів скінченного автомату, вершинами якого є певні дії, а переходи відбуваються по завершенню дій.Дія є фундаментальною одиницею визначення поведінки в специфікації. Дія отримує множину вхідних сигналів, та перетворює їх на множину вихідних сигналів.

Одна із цих множин, або обидві водночас, можуть бути порожніми. Виконання дії відповідає виконанню окремої дії. Подібно до цього, виконання діяльності є виконанням окремої діяльності, буквально, включно із виконанням тих дій, що містяться в діяльності. Кожна дія в діяльності може виконуватись один, два, або більше разів під час одного виконання діяльності. Щонайменше, дії мають отримувати дані, перетворювати їх та тестувати, деякі дії можуть вимагати певної послідовності.

Специфікація діяльності (на вищих рівнях сумісності) може дозволяти виконання декількох (логічних) потоків, та існування механізмів синхронізації для гарантування виконання дій у правильному порядку.

Діаграма прецедентів це діаграма, на якій зображено відношення між акторами та прецедентами в системі. Також, перекладається як діаграма варіантів використання.

Діаграма прецедентів є графом, що складається з множини акторів, прецедентів (варіантів використання) обмежених границею системи (прямокутник), асоціацій між акторами та прецедентами, відношень серед

прецедентів, та відношень узагальнення між акторами. Діаграми прецедентів відображають елементи моделі варіантів використання.

Суть даної діаграми полягає в наступному: проектована система представляється у вигляді безлічі сутностей чи акторів, що взаємодіють із системою за допомогою так званих варіантів використання. Варіант використання (use case) використовують для описання послуг, які система надає актору. Іншими словами, кожен варіант використання визначає деякий набір дій, який виконує система при діалозі з актором.

При цьому нічого не говориться про те, яким чином буде реалізована взаємодія акторів із системою.

У мові UML є кілька стандартних видів відношень між акторами і варіантами використання:

– асоціації (association relationship);

– включення (include relationship);

– розширення (extend relationship);

– узагальнення (generalization relationship).

При цьому загальні властивості варіантів використання можуть бути представлені трьома різними способами, а саме – за допомогою відношень включення, розширення і узагальнення.

Відношення асоціації – одне з фундаментальних понять у мові UML і в тій чи іншій мірі використовується при побудові всіх графічних моделей систем у формі канонічних діаграм.

Включення (include) у мові UML – це різновид відношення залежності між базовим варіантом використання і його спеціальним випадком. При цьому відношенням залежності (dependency) є таке відношення між двома елементами моделі, при якому зміна одного елемента (незалежного) приводить до зміни іншого елемента (залежного).

Відношення розширення (extend) визначає взаємозв'язок базового варіанта використання з іншим варіантом використання, функціональна поведінка якого задіюється базовим не завжди, а тільки при виконанні додаткових умов.

Діаграма класів це статичне представлення структури моделі. Відображає статичні (декларативні) елементи, такі як: класи, типи даних, їх зміст та відношення.

Діаграма класів, також, може містити позначення для пакетів та може містити позначення для вкладених пакетів. Також, діаграма класів може містити позначення деяких елементів поведінки, однак їх динаміка розкривається в інших типах діаграм.

Діаграма класів (class diagram) служить для представлення статичної структури моделі системи в термінології класів об'єктно-орієнтованого програмування. На цій діаграмі показують класи, інтерфейси, об'єкти й кооперації, а також їхні відносини.

В UML існують наступні типи зв'язків які використовуються у діаграмі класів: Асоціації; Агрегація; Композиція.

Асоціації це якщо між двома класами визначена асоціація, то можна переміщатися від об'єктів одного класу до об'єктів іншого. Цілком припустимі випадки, коли обидва кінці асоціації відносяться до одного і того ж класу. Це означає, що з об'єктом деякого класу дозволено зв'язати інші об'єкти з того ж класу. Асоціація, що зв'язує два класи, називається бінарної. Можна, хоча це рідко буває необхідним, створювати асоціації, що зв'язують відразу кілька класів. Графічно асоціація зображується у вигляді лінії, що з'єднує клас сам з собою або з іншими класами.

Асоціації може бути присвоєно ім'я, яке описує природу відносини. Зазвичай ім'я асоціації не вказується, якщо тільки ви не хочете явно задати для неї рольові імена або у вашій моделі настільки багато асоціацій, що виникає необхідність посилатися на них і відрізняти один від одного. Ім'я буде особливо корисним, якщо між одними і тими ж класами існує кілька різних асоціацій.

Клас, що бере участь в асоціації, грає в ній деяку роль. По суті, це "обличчя", яким клас, що знаходиться на одній стороні асоціації, звернений до класу з іншого її боку. Можна явно позначити роль, яку клас грає в асоціації.

Часто при моделюванні буває важливо вказати, скільки об'єктів може бути пов'язано допомогою одного примірника асоціації. Це число називається кратністю (Multiplicity) ролі асоціації та записується або як вираз, значенням якого є діапазон значень, або в явному вигляді.

Вказуючи кратність на одному кінці асоціації, ви тим самим говорите, що на цьому кінці саме стільки об'єктів повинно відповідати кожному об'єкту на протилежному кінці. Кратність можна задати рівною одиниці (1), можна вказати діапазон: "нуль або одиниця" (0..1), "багато" (0 .. *), "одиниця або більше" (1 .. *). Дозволяється також вказувати певне число (наприклад, 3). За допомогою списку можна задати і більш складні кратності, наприклад 0. . 1, 3..4, 6 .. *, що означає "будь-яке число об'єктів, крім 2 і 5".

Агрегація це проста асоціація між двома класами відображає структурний відношення між рівноправними сутностями, коли обидва класу знаходяться на одному концептуальному рівні і ні один не є більш важливим, ніж інший. Але іноді доводиться моделювати відношення типу «частина/ціле», в якому один з класів має більш високий ранг (ціле) і складається з декількох менших за рангом (частин).

Ставлення такого типу називають агрегацією; воно зараховане до відносин типу «має» (з урахуванням того, що об'єкт-ціле має кілька об'єктів-частин). Агрегація є окремим випадком асоціації і зображується у вигляді простої асоціації з незафарбованим ромбом з боку «цілого». Графічно агрегація представляється порожнім ромбом на блоці класу, і лінією, яка від цього ромба до міститься класу.

Композиція це більш суворий варіант агрегації. Відома також як агрегація за значенням.

Композиція має жорстку залежність часу існування екземплярів класу контейнера та примірників містяться класів. Якщо контейнер буде знищений, то

весь його вміст буде також знищено. Графічно представляється як і агрегація, але з зафарбовані ромбиком.

Діаграма компонент в UML це діаграма, на якій відображаються компоненти, залежності та зв'язки між ними.

Діаграма компонент відображає залежності між компонентами програмного забезпечення, включаючи компоненти вихідних кодів, бінарні компоненти, та компоненти, що можуть виконуватись.

Модуль програмного забезпечення може бути представлено в якості компоненти. Деякі компоненти існують під час компіляції, деякі – під час компонування, а деякі під час роботи програми.

Діаграма компонент відображає лише структурні характеристики, для відображення окремих екземплярів компонент слід використовувати діаграму розгортування.

Компоненти об'єднуються разом використовуючи структурні зв'язки (assembly connector) щоб об'єднати інтерфейси двох компонент. Це ілюструє зв'язок типу «клієнт-сервер».

Структурна взаємодія – «зв'язок двох компонент, який передбачає, що один з них надає послуги, потрібні іншому компоненту».

При використанні діаграми компонент щоб показати внутрішню структуру компонента, клієнтські та серверні інтерфейси можуть утворювати пряме з'єднання з внутрішніми. Таке з'єднання називається з'єднанням делегації.

Діаграма об'єктів в UML це діаграма, що відображає об'єкти та їх зв'язки в певний момент часу. Діаграма об'єктів може розглядатись як окремий випадок діаграми класів, на якій можуть бути представлені як класи, так і екземпляри (об'єкти) класів. Схожою за змістом є діаграма взаємодії (collaboration diagram).

Діаграми об'єктів не мають власної нотації. Оскільки діаграми класів можуть відображати об'єкти, то діаграма класів, на якій відображено лише об'єкти, та не відображено класи, може вважатись діаграмою об'єктів.

Діаграма об'єктів відображає об'єкти та зв'язки в певний момент роботи програми. Об'єкти можуть містити інформацію про власні значення а не про описання. Для відображення загальних шаблонів об'єктів та зв'язків, що можуть багаторазово створюватись під час роботи програми, слід використовувати діаграму взаємодії, яка може відображати характеристики об'єктів та зв'язків. Екземпляр діаграми взаємодії створює діаграму об'єктів.

Діаграма об'єктів не відображає еволюцію системи під час роботи. Натомість, слід використовувати діаграми взаємодії з повідомленнями, або діаграми послідовності.

Діаграма розгортання (deployment diagram) це діаграма в UML, на якій відображаються обчислювальні вузли під час роботи програми, компоненти, та об'єкти, що виконуються на цих вузлах. Компоненти відповідають представленню робочих екземплярів одиниць коду. Компоненти, що не мають представлення під час роботи програми на таких діаграмах не відображаються; натомість, їх можна відобразити на діаграмах компонент. Діаграма розгортання відображає робочі екземпляри компонент, а діаграма компонент, натомість, відображає зв'язки між типами компонент.

Розглянемо використаний вихідний текст підпрограми декодера Ріда-Соломона.

```
decode_rs()
{
       int i, j, u, q;
       int s[n - k + 1];
// поліном синдрому помилки
       int elp[n - k + 2][n - k];
// поліном локатора помилки лямда
       int d[n - k + 2];
       int l[n - k + 2];
       int u_lu[n - k + 2],
     int count = 0, syn_error = 0, root[t], loc[t], z[t + 1], err[n], reg[t + 1];
// переводимо отримане кодове слово в індексну форму
// для спрощення обчислень
       for (i = 0; i < n; i++) recd[i] = index_of[recd[i]];
// обчислюємо синдром
```

```
//---------------------------------
       for (i = 1; i <= n - k; i++)
       {
              s[i] = 0;
// ініціалізація s-регістра
// на його вхід за замовчуванням надходить нуль
// виконуємо s[i] += recd[j] * ij
// тобто беремо черговий символ декодуємих даних,
// множимо його на порядковий номер даного символу,
// помножений на номер чергового оберту й складаємо
// отриманий результат із умістом s-регістра;
// по факті вичерпання всіх декодуємих символ ми
// повторюємо весь цикл обчислень знову – по одному
// разу для кожного символу парності
for(j = 0; j < n; j++) if (recd[j] != -1) s[i] ^= alpha_to[(recd[j] + i * j) % n];
              if (s[i] != 0) syn_error = 1;
// якщо синдром не дорівнює нулю, зводимо прапор помилки
// перетворимо синдром з поліноміальної форми в індексну
              s[i] = index_of[s[i]];
       }
// корекція помилок
       if (syn_error)        // якщо є помилки, намагаємося їх скорегувати
       {
 // обчислення полінома локатора ламбла
//---------------------------
// обчислюємо поліном локатора помилки через ітеративний алгоритм
// Берлекемпа. Випливаючи термінології Lin and Costello (див. "Error
// Control Coding: Fundamentals and Applications" Prentice Hall 1983
// ISBN 013283796) d[u] являє собою m ("мю"), що виражає
// розбіжність (discrepancy), де u = m + 1 і m є номер кроку
// з діапазону від -1 до 2t. У Блейхута та ж сама величина
// позначається D(x) ("дельта") і називається нев'язання.
// l[u] являє собою ступінь elp для даного кроку ітерації,
// u_l[u] являє собою різницю між номером кроку й ступенем elp
// ініціалізація елементи таблиці
      d[0] = 0; // індексна форма
      d[1] = s[1]; // індексна форма
      elp[0][0] = 0; // індексна форма
      elp[1][0] = 1; // поліноміальна форма
      for (i = 1; i < n - k; i++)
      {
             elp[0][i] = -1; // індексна форма
```

```
            elp[1][i] = 0; // поліноміальна форма
      }
      l[0] = 0; l[1] = 0; u_lu[0] = -1; u_lu[1] = 0; u = 0;
      do
      {
            u++;
   if (d[u] == -1)
   {
         l[u + 1] = l[u];
         for (i = 0; i <= l[u]; i++)
         {
               elp[u + 1][i] = elp[u][i];
               elp[u][i] = index_of[elp[u][i]];
         }
   }
         else
   {
         // пошук слів з найбільшим u_lu[q], таких що d[q] != 0
         q = u - 1;
         while ((d[q] == -1) && (q > 0)) q-q--;
         // знайдений перший ненульовий d[q]
         if (q > 0)
         {
               j = q;
               do
         {
               j-j-- ;
               if ((d[j] != -1) && (u_lu[q] < u_lu[j]))
               q = j;
         } while (j > 0);
   };
 // як тільки ми знайдемо q, такий що d[u] !=0
// і u_lu[q] є максимум
// запишемо ступінь нового elp полінома
if (l[u] > l[q] + u - q) l[u + 1] = l[u]; else l[u + 1] = l[q] + u - q;
// формуємо новий elp(x)
                     for (i = 0; i < n - k; i++) elp[u + 1][i] = 0;
                     for (i = 0; i <= l[q]; i++)
                           if (elp[q][i] != -1)
            elp[u + 1][i + u - q] = alpha_to[(d[u] + n - d[q] + elp[q][i]) % n];
           for (i = 0; i <= l[u]; i++)
           {
```

```
                elp[u + 1][i] ^= elp[u][i];
                // перетворимо старий elp
                // в індексну форму
                elp[u][i] = index_of[elp[u][i]];
            }
        }
        u_lu[u + 1] = u - l[u + 1];
 // формуємо (u + 1)'ю нев'язання
//--------------------------
             if (u < n - k)          // на останній ітерації розбіжність
             {                       // не було виявлено
            if (s[u + 1] != -1) d[u + 1] = alpha_to[s[u + 1]]; else d[u + 1] = 0;
                    for (i = 1; i <= l[u + 1]; i++)
                           if ((s[u + 1 - i] != -1) && (elp[u + 1][i] != 0))
              d[u + 1] ^= alpha_to[(s[u + 1 - i] + index_of[elp[u + 1][i]]) % n];
                    // переводимо d[u + 1] в індексну форму
                    d[u + 1] = index_of[d[u + 1]];
             }
       } while ((u < n - k) && (l[u + 1] <= t));
       // розрахунок локатора завершений
       //------------------------
       u++ ;
       if (l[u] <= t)
       {
              // корекція помилок можлива
              // переводимо elp в індексну форму
              for (i = 0; i <= l[u]; i++) elp[u][i] = index_of[elp[u][i]];
// знаходження корінь полінома локатора помилки
//--------------------------
      for (i = 1; i <= l[u]; i++) reg[i] = elp[u][i]; count = 0;
      for (i = 1; i <= n; i++)
      {
            q = 1 ;
            for (j = 1; j <= l[u]; j++)
            if (reg[j] != -1)
            {
                  reg[j] = (reg[j] + j) % n;
                  q ^= alpha_to[reg[j]];
            }
            if (!q)
            { // записуємо корінь і індекс позиції помилки
                  root[count] = i;
```

```
                    loc[count] = n - i;
                    count++;
              }
       }
       if (count == l[u])
       { // немає корінь - ступінь elp < t помилок
        // формуємо поліном z(x)
        for (i = 1; i <= l[u]; i++) // Z[0] завжди дорівнює 1
        {
               if ((s[i] != -1) && (elp[u][i] != -1))
                      z[i] = alpha_to[s[i]] ^ alpha_to[elp[u][i]];
               else
                      if ((s[i]! =- 1) && (elp[u][i] == -1))
                             z[i] = alpha_to[s[i]];
                      else
                             if ((s[i]==-1) && (elp[u][i]!=-1))
                                    z[i] = alpha_to[elp[u][i]];
                             else
                                           z[i] = 0 ;
       for (j = 1; j < i; j++)
              if ((s[j] != -1) && (elp[u][i - j] != -1))
                      z[i] ^= alpha_to[(elp[u][i - j] + s[j]) % n];
       // переводимо z[i] в індексну форму
       z[i] = index_of[z[i]];
}
// обчислення значення помилок у позиціях loc[i]
//-------------------------
for (i = 0; i < n; i++)
{
 err[i] = 0;
 // переводимо recd[] у поліноміальну форму
 if (recd[i] != -1) recd[i] = alpha_to[recd[i]]; else recd[i] = 0;
        }
        // спочатку обчислюємо чисельник помилки
        for (i = 0; i < l[u]; i++)
        {
     err[loc[i]] = 1;
     for (j = 1; j <= l[u]; j++)
            if (z[j] != -1)
                   err[loc[i]] ^= alpha_to[(z[j] + j * root[i]) % n];
           if (err[loc[i]] != 0)
           {
```

```
                err[loc[i]] = index_of[err[loc[i]]];
                q = 0 ; // формуємо знаменник коефіцієнта помилки
                for (j = 0; j < l[u]; j++)
                        if (j != i)
          q += index_of[1 ^ alpha_to[(loc[j] + root[i]) % n]];
          q = q % n; err[loc[i]] = alpha_to[(err[loc[i]] - q + n) % n];
// recd[i] повинен бути в поліноміальній формі
                            recd[loc[i]] ^= err[loc[i]];
                    }
              }
       }
              else
// немає корінь,
// рішення системи рівнянь неможливо, тому що ступінь elp >= t
       {
// переводимо recd[] у поліноміальну форму
              for (i = 0; i < n; i++)
                      if (recd[i] != -1) recd[i] = alpha_to[recd[i]];
              else
                      recd[i] = 0;
// виводимо інформаційне слово як є
       }
              else // ступінь elp > t, рішення неможливо
       {
// переводимо recd[] у поліноміальну форму
       for (i = 0; i < n; i++)
              if (recd[i] != -1)
                      recd[i] = alpha_to[recd[i]];
              else
                      recd[i] = 0 ; // виводимо інформаційне слово як є
       }
              else
// помилок не виявлене
       for (i = 0; i < n; i++) if (recd[i] != -1) recd[i] = alpha_to[recd[i]];
else recd[i] = 0;
}
```

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту розробленого програмного забезпечення запропоновано використовувати алгоритм Khufu. Khufu – це 64-бітовий блоковий шифр. 64-бітовий відкритий тест спочатку розщеплюється на дві 32-бітові половини, *L* і *R.* Над обома половинами й певними частинами ключа виконується операція XOR. Потім, аналогічно DES, результати проходять деяку послідовність раундів. У кожному раунді молодший значущий байт *L* використовується як вхід S-блоку. У кожного S-блоку 8 вхідних біт і 32 вихідних біта. Далі обраний в S-блоці 32-бітовий елемент піддається операції XOR з *R.* Потім *L* циклічно зрушується на число, кратним восьми биткам, *L* і *R* міняються місцями, і раунд завершується. Сам S-блок не статичний, він міняється кожні вісім раундів. Нарешті, по закінченні останнього раунду, над *L* і *R* виконується операція XOR з іншими частинами ключа, і половини поєднуються, утворюючи блок шифртексту.

Хоча частини ключа використовуються для операції XOR із блоком шифрування на початку й кінці виконання алгоритму, головне призначення ключа – генерація S-блоків. Ці S-блоки секретні, по суті, це частина ключа. Повний розмір ключа алгоритму Khufu дорівнює 512 біт (64 байт), алгоритм надає спосіб генерації S-блоків по ключу.

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку 5.1 зображено інтерфейс програмного забезпечення, розробленого у результаті виконання бакалаврської дипломної роботи.

Розроблене програмне забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних складається з наступних функціональних блоків:

– Навігаційне меню: Файл; Інструменти; Параметри; Довідка.

– Підрозділу виведення древа папок файлової підсистеми.

– Вікно виведення результату роботи системи.

– Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.

– Функціональних кнопок ПЗ: Створення масиву; Перевірка цілісності; Відновлення цілісності; Скидання дисків до початкового стану.

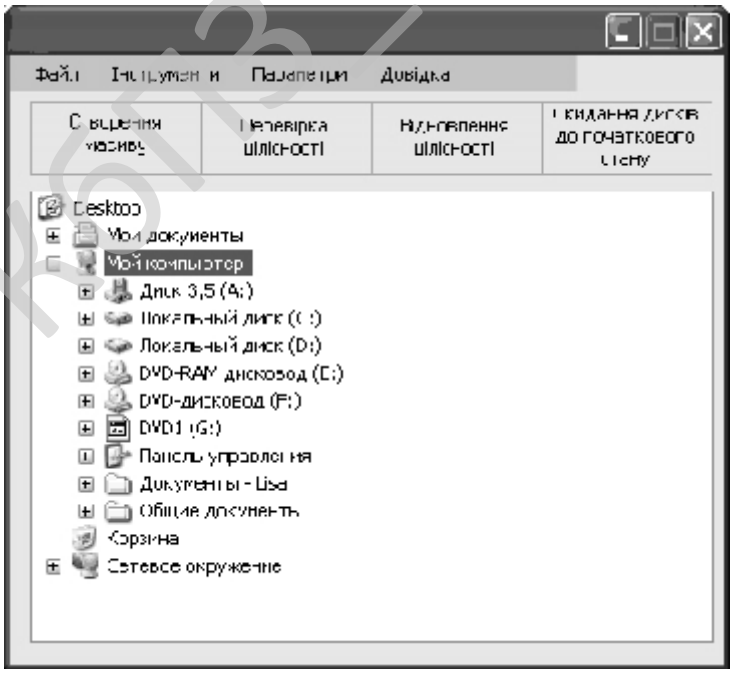

Рисунок 5.1 – Головне вікно розробленого ПЗ

Для перегляду короткої довідки про програму слід натиснути на основному вікні кнопку авторського права, після чого на екрані з’явиться вікно показане на рисунку 5.2.

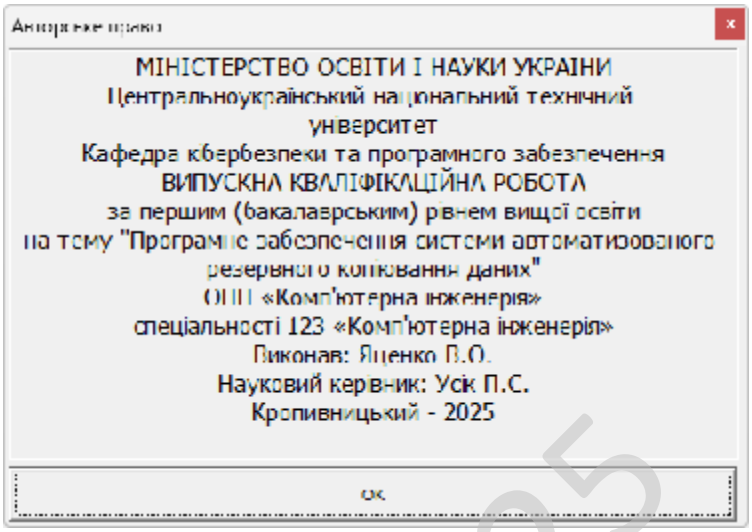

Рисунок 5.2 – Вікно розробника ПЗ

Під час роботи над програмою було проведено тестування програмного забезпечення, тобто технічне дослідження, призначене для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому воно має використовуватись.

Тестування включає як процес пошуку помилок або інших дефектів, так і випробування програмних складових з метою їх оцінки.

Проводилась оцінка:

– відповідності поставленим вимогам;

– правильна відповідь для усіх можливих вхідних даних;

– виконання функцій за прийнятний час;

– практичність;

– сумісність з ОС та стороннім ПЗ.

Оскільки число можливих тестів для програмних компонент практично нескінченне, тому стратегія тестування полягала в тому, щоб провести всі можливі тести з урахуванням наявного часу та ресурсів.

Як результат ПЗ тестувалось стандартним виконанням програми з метою виявлення помилок або інших дефектів.

Проводилось тестування форматом білої засноване на аналізі керуючої структури програми. Програма вважається повністю перевіреною, якщо проведено вичерпне тестування маршрутів (шляхів) її графа управління.

У цьому випадку формуються тестові варіанти, в яких:

– Гарантується перевірка всіх незалежних маршрутів програми.

– Знаходяться гілки True, False для всіх логічних рішень.

– Виконуються всі цикли (у межах їхніх кордонів та діапазонів).

– Аналізується правильність внутрішніх структур даних.

Недоліки тестування "білої скриньки":

– Кількість незалежних маршрутів може бути дуже велика.

– Повне тестування маршрутів не гарантує відповідності програми вихідним вимогам до неї.

– У програмі можуть бути пропущені деякі маршрути.

– Не можна виявити помилки, поява яких залежить від даних.

Переваги тестування "білої скриньки" пов'язані з тим, що принцип «білої скриньки» дозволяє врахувати особливості програмних помилок:

– Кількість помилок мінімально в «центрі» і максимально на «периферії» програми.

– Попередні припущення про ймовірність потоку керування або даних у програмі часто бувають некоректними. У результаті типовим може стати маршрут, модель обчислень за яким опрацьована слабо.

– При записі алгоритму програмного забезпечення у вигляді тексту на мові програмування можливе внесення типових помилок трансляції (синтаксичних та семантичних).

– Деякі результати в програмі залежать не від вихідних даних, а від внутрішніх станів програми.

Обрано умови розповсюдження – Freeware.

Це власницьке програмне забезпечення, котре можна Безоплатно використовувати протягом необмеженого терміну без обмежень у функціональності, і поширюване без сирцевих кодів.

Автори такого програмного забезпечення, як правило, хочуть «дати щось спільноті», але хочуть також контролювати його подальшу розробку. Іноді, коли програмісти вирішують припинити розробку, вони передають сирцевий код іншим програмістам, або ж спільності як вільне програмне забезпечення.

Дуже часто плутають поняття «безплатне програмне забезпечення» та «вільне програмне забезпечення», хоча вони суттєво відрізняються.

Безплатне програмне забезпечення можна безоплатно встановлювати та використовувати (іноді з певними обмеженнями, як, наприклад, «безплатне для домашнього або некомерційного вжитку»), в той час як вільне програмне забезпечення можна продавати за будь-яку суму, але при тому, у користувача, котрий його отримує, повинні бути права на вивчення, модифікацію та поширення сирцевих кодів одержаної програми.

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи автоматизованого резервного копіювання даних.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

– Був проведений огляд існуючих систем автоматизованого резервного копіювання даних.

– Досліджена система автоматизованого резервного копіювання даних.

– На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи автоматизованого резервного копіювання даних.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання автоматизованого резервного копіювання даних.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створені програмного забезпечення було використано об’єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Visual C#. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані призначені для системи автоматизованого резервного копіювання даних. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної

техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм Khufu.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Russ White & Ethan Banks «Computer Networking Problems and Solutions: An Innovative Approach to Building Resilient, Modern Networks». 2017. – 832 p.

2. Kuznetsov, O., Kryvinska, N., Ilchenko, O., Smirnova, T., Ulianovska, Y. «Comparative Analysis of Cryptocurrency Trading Platforms Using the Analytic Hierarchy Process». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 106-115.

3. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.

4. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchev, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings,* Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

5. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.

6. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». CEUR Workshop Proceedings Volume 3156, 2022, Pages 390-399.

7. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.

8. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

9. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.

10. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT),* Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

11. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

12. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 125-136.

13. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 366-379.

14. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2608, 2020, Pages 633-645.

15. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaicenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». *International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019*; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.

16. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». International Journal of Computing; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.

17. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T),* Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.

18. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T),* Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.

19. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings*, Vol 2588, P. 90-106, 2019.

20. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019*/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.

21. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.

22. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.

23. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2353, *CEUR Workshop Proceedings* 2019, Pages 618-629.

24. Smirnov A.A., Kuzne tsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering*. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

25. Смірнова Т.В., Конопліцька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка.* 2024. №4(24), С. 6-27.

26. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології,* 2024, № 13, с. 28-35.

27. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи,* 2023, том 7, № 2, С. 49-56.

28. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління,* № 2(70). 2022. С. 28-37.

29. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку,* 2022, № 3(69). С. 93-98.

30. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»,* № 2 (307). С. 46-52. 2022.

31. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 1(67). С. 84-89.

32. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95

33. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки.* №4. С. 103-110. 2020.

34. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. № 3(7). С. 43-62. 2020.

35. Смірнов О.А., Конопліцька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.

36. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G» у *Кібербезпека та інформаційні технології: монографія.* – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.

37. Смірнов О.А., Дрєєва Г.М., Дрєєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* № 2(33). с. 161-172, 2019.

38. Смірнов О.А., Конопліцька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.

39. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova., K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).

40. Смірнов О.А., Дрєєва Г.М. Метод генерування фрактального трафіку за допомогою моделі генератора на графі. Монографія: Інформаційна безпека та інформаційні технології : монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Х. : Вид. Рожко С.Г. 2019. С. 123-139

41. Дрєєва Г.М., Смірнов О.А., Дрєєв О.М. Метод генерування фрактальноподібної числової послідовності на основі скінченного автомату для моделювання трафіку у мережі. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 173-183, 2019.

42. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дрєєв О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 184-194, 2019.

43. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., Смірнова Т.В., Конопліцька-Слободенюк О.К. Метод формування антивірусного захисту даних з використанням безпечної маршрутизації метаданих. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – Том 3 № 3. – Київ: КУ ім. Бориса Грінченка. – 2019. – С. 63-87.

44. Смірнов О.А., Гнатюк С.О., Кавун С.В., Терейковський І.А., Жмурко Т.О., Смірнов С.А., Коваленко А.С. Основи безпеки в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2018. – 177 с.

45. Смірнов О.А., Котелянець В.В. Стійкі до колізій стохастичні моделі функціонування безпроводових сенсорних мереж. Вісник інженерної академії України, №3, с. 145-152, 2018

46. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К., Дрєєв А.М. Алгоритми формування безлічі маршрутів передачі метаданих у антивірусні хмарні системи. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 5 (142). - Х.: ХУПС - 2016. - С. 148-152.

47. Смірнов О.А., Смірнов С.А. Дідик А.К., Дрєєв О.М. Моделі системи нейромережевих експертів безпечної маршрутизації у хмарних антивірусних системах. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 3 (140). - Х.: ХУПС - 2016. - С. 36-39.

48. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К., Дрєєв А.М. Спосіб контролю ліній зв'язку телекомунікаційної системи антивірусу. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Випуск 2 (47). – Харків: ХУПС. - 2016. - С. 121-127.

49. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К. Метод безпечної маршрутизації метаданих у хмарні антивірусні системи. Системи озброєння та військова техніка. - Випуск 2 (46) - Х.: ХУПС - 2016. - С. 146-149.

50. Смірнов О.А., Кавун С.В., Доренський О.П., Вялкова В.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 151 с.

51. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Дрєєв О.М. Мережні інформаційні технології. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 159 с.

Додаток А
(обов’язковий)

Технічне завдання

Зміст

1 Найменування та область застосування

Це технічне завдання розповсюджується на розробку системи автоматизованого резервного копіювання даних.

2 Підстава для розробки

Підставою для розробки служить завдання на випускну кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, видане на кафедрі кібербезпеки та програмного забезпечення (нак. № 46-02 від 17.01.2025 року).

3 Мета та призначення розробки

Метою випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти є розробка програмного забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних.

4 Джерела розробки

Джерелом цієї випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти є стосовна до теми література і існуючі аналоги.

5 Технічні вимоги

5.1 Склад продукції

Складниками розробки є:

– вибір і обґрунтування методів реалізації проекту;

– розробка програмної частин системи, а також розробка взаємодії системи з ОС та з користувачем;

– розробка програми, що реалізує спроектовані алгоритми роботи системи.

5.2 Показники призначення

Система повинна забезпечувати:

– системи автоматизованого резервного копіювання даних;

– цілісність даних у процесі роботи та при зберіганні;

– простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

5.3 Вимоги до функціональних характеристик

Розроблене програмне забезпечення не повинно мати обмежень на версію драйверів та операційної системи.

5.4 Вимоги до архітектури

Компонент, що розробляється повинен використовувати системні засоби та апаратні засоби, що на даному етапі розвитку обчислювальної техніки найбільше поширені.

5.5 Вимоги до надійності

Програмні модулі написані по всім правилам, які стосуються стандартних викликів процедур, функцій, методів і форм, визначених технічною документацією на середовище розробки.

5.6 Умови експлуатації

Робочі місця користувачів ПЗ повинні задовольняти наступним умовам експлуатації:

– температура повітря: 19-20 град. по Цельсію;

– відносна вологість повітря до 80%;

– атмосферний тиск 107 кПа.

5.7 Вимоги до складу та параметрів технічних засобів

Програмне забезпечення повинно бути реалізоване на ПЕОМ, працювати в ОС Windows 10/11 і з сумісними з цією платформою пристроями і прикладним програмним забезпечення.

5.8 Вимоги до інформаційної і програмної сумісності

Переносність програмного забезпечення повинна бути забезпечена за рахунок його реалізації стандартного інтерфейсу взаємодії з ОС, що працюють під управлінням ОС Windows 10/11.

5.8.1 Обладнання

Комп’ютер Intel® Celeron/8 Mb/1.2 Gb/SVGA 14” 1Mb або сумісні з ним.

5.8.2 Мова програмування

Середовище Visual C#.

5.8.3 Вхідні дані

Опис алгоритму роботи запропонованої системи.

5.8.4 Вихідні дані

Робоча програма.

6 Вимоги до програмної документації

Програмна продукція повинна бути представлена у виді опису структури даних, схем та опису алгоритму, а також текстів вихідних модулів програмного забезпечення згідно ЄСПД .

7 Перелік документів, що розробляються

- Структурна схема системи – 1 аркуш.
- Функціональна схема системи – 1 аркуш.
- Діаграма процесів – 1 аркуш.
- Блок-схема алгоритму роботи програми – 2 аркуша.
- Пояснювальна записка – 67 аркушів.

8 Етапи розробки

8.1 Збір і обробка інформації по темі випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти. Постановка задачі на виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти (складання ТЗ).

8.2 Проведення досліджень або експериментальних робіт для уточнення основних положень випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

8.3 Розробка функціональних схем, блок схем алгоритмів роботи програмного забезпечення.

8.4 Побудова схем взаємодії даних.

8.5 Створення прототипу ПЗ.

8.6 Віднаходження ПЗ, аналіз отриманих результатів.

8.7 Оформлення пояснювальної записки і виконання робіт по графічній частині.

9 Порядок контролю та приймання

9.1 Подання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на попередній захист 23.05.2025 р.

9.2 Подання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на захист 2.06.2025 р.

Додаток Б

(обов’язковий)

Міністерство освіти і науки України

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

_____ Усік П.С.

Програмне забезпечення системи автоматизованого резервного копіювання даних

Лістинг програми

Код документу 12

Носій: CD/DVD-диск / USB-флеш-накопичувач

Загальна кількість аркушів: 72

Літера: РП

Кропивницький – 2025 року

Файл RSDataBackupBase.cs – робота з системою автоматизованого резервного копіювання даних

```
using System;
using System.Threading;

namespace RecoveryStar
{
    /// <summary>
    /// Клас базової частини DATABACKUP
    /// </summary>
    public abstract class RSDataBackupBase
    {
        #region Delegates

        /// <summary>
        /// Делегат відновлення процесу формування матриці "FLog"
        /// </summary>
        public OnUpdateDoubleValueHandler OnUpdateRSMatrixFormingProgress;

        /// <summary>
        /// Делегат завершення процесу формування матриці "FLog"
        /// </summary>
        public OnEventHandler OnRSMatrixFormingFinish;

        #endregion Delegates

        #region Public Properties & Data

        /// <summary>
        /// Екземпляр класу зайнятий обробкою?
        /// </summary>
        public bool InProcessing
        {
            get
            {
                if (
                        (this.thrRSMatrixForming != null)
                    &&
                        (
                            (this.thrRSMatrixForming.ThreadState ==
ThreadState.Running)
                        ||
                            (this.thrRSMatrixForming.ThreadState ==
ThreadState.WaitSleepJoin)
                        )
                    )
                {
                    return true;

                } else
                {
                    return false;
                }
            }
        }

        /// <summary>
        /// Екземпляр класу сконфігурований коректно?
        /// </summary>
        public bool ConfigIsOK
        {
            get
            {
                if (!InProcessing)
                {
```

```
            return this.configIsOK;

        } else
        {
            return false;
        }
    }
}

/// <summary>
/// Екземпляр класу ініціалізований коректно (придатний до роботи)?
/// </summary>
protected bool configIsOK;

/// <summary>
/// Булева властивість "Екземпляр класу закінчив обробку
/// (має актуальний стан змінних-членів)?"
/// </summary>
public bool Finished
{
    get
    {
        // Якщо клас не зайнятий обробкою - повертаємо значення
        if (!InProcessing)
        {
            return this.finished;

        } else
        {
            return false;
        }
    }
}

/// <summary>
/// Екземпляр класу повністю закінчив обробку?
/// </summary>
protected bool finished;

/// <summary>
/// Кількість основних томів
/// </summary>
public int DataCount
{
    get
    {
        if (!InProcessing)
        {
            return this.n;

        } else
        {
            return -1;
        }
    }
}

/// <summary>
/// Кількість основних томів
/// </summary>
protected int n;

/// <summary>
/// Кількість томів для відновлення
/// </summary>
public int EccCount
{
    get
    {
```

```
                if (!InProcessing)
                {
                    return this.m;

                } else
                {
                    return -1;
                }
            }
        }

        /// <summary>
        /// Кількість томів для відновлення
        /// </summary>
        protected int m;

        /// <summary>
        /// Тип кодека (за типом використовуваної матриці)
        /// </summary>
        public int CodecType
        {
            get
            {
                if (!InProcessing)
                {
                    return this.eRSType;

                } else
                {
                    return -1;
                }
            }
        }

        /// <summary>
        /// Тип кодека Ріда-Соломона (за типом використовуваної матриці
кодування)
        /// </summary>
        protected int eRSType;

        /// <summary>
        /// Пріоритет процесу
        /// </summary>
        public int ThreadPriority
        {
            get
            {
                return (int)this.threadPriority;
            }

            set
            {
                if (
                        (this.thrRSMatrixForming != null)
                     &&
                        (this.thrRSMatrixForming.IsAlive)
                    )
                {
                    switch (value)
                    {
                        default:
                        case 0:
                        {
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.Lowest;

                            break;
                        }
```

```
                        case 1:
                        {
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.BelowNormal;

                            break;
                        }

                        case 2:
                        {
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.Normal;

                            break;
                        }

                        case 3:
                        {
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.AboveNormal;

                            break;
                        }

                        case 4:
                        {
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.Highest;

                            break;
                        }
                    }

                    // Установлюємо обраний пріоритет процесу
                    this.thrRSMatrixForming.Priority = this.threadPriority;
                }
            }
        }

        /// <summary>
        /// Пріоритет процесу підготовки матриці кодування
        /// </summary>
        protected ThreadPriority threadPriority;

        /// <summary>
        /// Подія, що виконуєтсься по завершенню обробки
        /// </summary>
        public ManualResetEvent[] FinishedEvent
        {
            get
            {
                return this.finishedEvent;
            }
        }

        /// <summary>
        /// Подія, що виконується по завершенню обробки
        /// </summary>
        protected ManualResetEvent[] finishedEvent;

        #endregion Public Properties & Data

        #region Data

        // Об'єкт класу роботи з елементами поля Галуа
        protected GF16 eGF16;

        // Матриця DATABACKUP-подібного кодера Ріда-Соломона
        protected int[] FLog;
```

```
        // Дисперсна матриця (використовується замість "A")
        protected int[] D;

        // "Альтернативна" матриця (використовується замість "D")
        protected int[] A;

        // Основна конфігурація змінилася?
        protected bool mainConfigChanged;

        // Кількість ітерацій першої й другої стадій підготовки матриці
кодування
        protected double iterOfFirstStage;
        protected double iterOfSecondStage;

        // Потік заповнення матриці "FLog" перед виконанням кодування /
декодування
        protected Thread thrRSMatrixForming;

        // Подія припинення підготовки матриці кодування
        protected ManualResetEvent[] exitEvent;

        // Подія продовження підготовки матриці кодування
        protected ManualResetEvent[] executeEvent;

        #endregion Data

        #region Construction & Destruction

        /// <summary>
        /// Конструктор базового класу сутності "DATABACKUP-подібний кодек Ріда-
Соломона"
        /// </summary>
        public RSDataBackupBase()
        {
            // Створюємо екземпляр класу для роботи з арифметикою поля Галуа
(2^16)
            this.eGF16 = new GF16();

            // Екземпляр класу повністю закінчив обробку?
            this.finished = true;

            // Основна конфігурація змінилася?
            this.mainConfigChanged = true;

            // Екземпляр класу ініціалізовано коректно (придатний до роботи)?
            this.configIsOK = false;

            // По-замовчанню встановлюється фоновий пріоритет
            this.threadPriority = 0;

            // Ініціалізуємо подію припинення обробки файлу
            this.exitEvent = new ManualResetEvent[] { new
ManualResetEvent(false) };

            // Ініціалізуємо подію продовження обробки файлу
            this.executeEvent = new ManualResetEvent[] { new
ManualResetEvent(false) };

            // Подія, установлювана по завершенні обробки
            this.finishedEvent = new ManualResetEvent[] { new
ManualResetEvent(true) };
        }

        #endregion Construction & Destruction

        #region Public Operations

        /// <summary>
```

```
        /// Запуск процесу заповнення матриці "FLog" даними
        /// </summary>
        /// <param name="runAsSeparateThread">Запускати в окремому
потоці?</param>
        /// <returns>Булевий прапор операції</returns>
        public bool Prepare(bool runAsSeparateThread)
        {
            // Якщо потік формування матриці "FLog" працює - не дозволяємо
повторний запуск
            if (InProcessing)
            {
                return false;
            }

            // Якщо конфігурація встановлена некоректно - виходимо
            if (!this.configIsOK)
            {
                return false;
            }

            // Скидаємо індикатор актуального стану змінних-членів
            this.finished = false;

            // Скидаємо подію завершення обробки
            this.finishedEvent[0].Reset();

            // Вказуємо, що потік повинен виконуватися
            this.exitEvent[0].Reset();
            this.executeEvent[0].Set();

            // Якщо зазначено, що не потрібен запуск в окремому потоці,
            // запускаємо в даному
            if (!runAsSeparateThread)
            {
                // Заповнюємо матрицю кодування
                FillFLog();

                // Повертаємо результат обробки
                return this.configIsOK;
            }

            // Створюємо потік формування матриці "FLog"...
            this.thrRSMatrixForming = new Thread(new ThreadStart(FillFLog));

            //...потім даємо йому ім'я...
            this.thrRSMatrixForming.Name = "RSDataBackup.FillFLog()";

            //...встановлюємо обраний пріоритет завдання...
            this.thrRSMatrixForming.Priority = this.threadPriority;

            //...і запускаємо
            this.thrRSMatrixForming.Start();

            return true;
        }

        /// <summary>
        /// Метод зупинки потоку
        /// </summary>
        public void Stop()
        {
            // Вказуємо, що потік обробки більше не повинен виконуватися
            this.exitEvent[0].Set();

            // Примусово знімаємо з паузи
            this.executeEvent[0].Set();
        }

        /// <summary>
```

```
        /// Постановка потоку обробки на паузу
        /// </summary>
        public void Pause()
        {
            // Ставимо на паузу
            this.executeEvent[0].Reset();
        }

        /// <summary>
        /// Зняття потоку обробки з паузи
        /// </summary>
        public void Continue()
        {
            // Знімаємо обробку с паузи
            this.executeEvent[0].Set();
        }

        #endregion Public Operations

        #region Protected Operations

        /// <summary>
        /// Нормалізація значень "n" і "m" з метою запобігання переповнення
змінних,
        /// ітерацій, що зберігають загальну кількість
        /// </summary>
        protected void NormalizeNM(ref double n, ref double m)
        {
            double maxVal = 0;

            if (n > m)
            {
                maxVal = n;

            } else
            {
                maxVal = m;
            }

            double divider = maxVal / 100.0;

            if (divider > 1)
            {
                n /= divider;
                m /= divider;
            }
        }

        /// <summary>
        /// Метод пошуку індексу рядка,
        /// </summary>
        /// <param name="rowNum">Номер рядка</param>
        /// <returns>Індекс рядка, придатної для заміни</returns>
        protected int FindSwapRow(int rowNum)
        {
            // Пробігаємо по всіх наявних рядках матриці
            // у зазначеному стовпці
            for (int i = rowNum; i < (this.n + this.m); i++)
            {
                if (this.D[(i * this.n) + rowNum] != 0)
                {
                    return i;
                }
            }

            return -1;
        }

        /// <summary>
```

```
        /// Метод перестановки двох рядків місцями
        /// </summary>
        /// <param name="rowNum1">Індекс першого рядка</param>
        /// <param name="rowNum2">Індекс другого рядка</param>
        protected void SwapRows(int rowNum1, int rowNum2)
        {
            // Обчислюємо зсув до елементів і-ой рядка
            int rowNum1this_n = rowNum1 * this.n;
            int rowNum2this_n = rowNum2 * this.n;

            for (int j = 0; j < this.n; j++)
            {
                int dIdx1 = rowNum1this_n + j;
                int dIdx2 = rowNum2this_n + j;

                int tmp       = this.D[dIdx1];
                this.D[dIdx1] = this.D[dIdx2];
                this.D[dIdx2] = tmp;
            }
        }

        /// <summary>
        /// Метод одержання дисперсної матриці "D"
        /// </summary>
        /// <returns>Булевий прапор результату операції</returns>
        protected bool MakeDispersalMatrix()
        {
            // Виділяємо пам'ять під матрицю "FLog"
            this.D = new int[(this.n + this.m) * this.n];

            // Заповнюємо матрицю даними (формуємо матрицю Вандермонда)
            for (int i = 0; i < (this.n + this.m); i++)
            {
                // Зсув у масиві до елементів і-ой рядка
                int i_n = i * this.n;

                // Обчислення рядка матриці Вандермонда (цей блок обчислень
                // може бути реалізований і без використання функції зведення
                // елемента в ступінь, але поточна реалізація припускає більшу
                // гнучкість і зрозумілість)
                for (int j = 0; j < this.n; j++)
                {
                    this.D[i_n + j] = this.eGF16.Pow(i, j);
                }
            }

            // Обчислюємо розподіл відсотків ітерацій по стадіях для
            // коректної обробки відсотків
            double allStageIter  = this.iterOfFirstStage +
this.iterOfSecondStage;
            int percOfFirstStage = (int)((100.0 * this.iterOfFirstStage) /
allStageIter);

            // Дана стадія повинна займати хоча б один відсоток
            // (для коректності розрахунків)
            if (percOfFirstStage == 0)
            {
                percOfFirstStage = 1;
            }

            // Обчислюємо значення модуля, що дозволить виводити відсоток
обробки
            // рівно при одиничному збільшенні для циклу по "i"
            int progressMod1 = this.n / percOfFirstStage;

            // Якщо модуль дорівнює нулю, то збільшуємо його до значення "1",
щоб
            // прогрес виводився на кожній ітерації
            if (progressMod1 == 0)
```

```
            {
                progressMod1 = 1;
            }

            // Цикл вибору діагонального елемента
            for (int k = 1; k < this.n; ++k)
            {
                // Шукаємо рядок, у якій елемент на головній
                // діагоналі міг би бути ненульовим
                int swapIdx = FindSwapRow(k);

                // Якщо підходящий рядок не може бути знайдений -
                // це помилка - ...
                if (swapIdx == -1)
                {
                    //...вказуємо на помилку конфігурації
                    this.configIsOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Встановлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return false;
                }

                // Якщо був знайдений рядок, відмінна від поточної...
                if (swapIdx != k)
                {
                    //...міняємо рядки місцями
                    SwapRows(swapIdx, k);
                }

                int k_n = k * this.n;

                // Витягаємо діагональний елемент
                int diagElem = this.D[k_n + k];

                // Якщо діагональний елемент не дорівнює "1", множимо весь
стовпець
                // на зворотний йому елемент, перетворюючи діагональний в "1"
                if (diagElem != 1)
                {
                    // Обчислюємо зворотний елемент для "diagElem"
                    int diagElemInv = this.eGF16.Inv(diagElem);

                    // Робимо необхідну обробку елементів стовпця -
                    // множимо його на елемент, зворотний "diagElem"
                    for (int i = k; i < (this.n + this.m); i++)
                    {
                        int dIdx = (i * this.n) + k;

                        this.D[dIdx] = this.eGF16.Mul(this.D[dIdx],
diagElemInv);
                    }
                }

                // Для всіх стовпців...
                for (int j = 0; j < this.n; j++)
                {
                    // Витягаємо множник поточного стовпця
                    int colMult = this.D[k_n + j];

                    //...не є стовпцями розв'язного елемента...
                    if (
                            (j != k)
                         &&
                            (colMult != 0)
```

```
                        )
                    {
                        for (int i = k; i < (this.n + this.m); i++)
                        {
                            int i_n  = i * this.n;
                            int dIdx = i_n + j;

                            //...робимо заміну Cj = Cj - Dk,j * Ck
                            this.D[dIdx] = this.D[dIdx] ^
this.eGF16.Mul(colMult, this.D[i_n + k]);
                        }
                    }
                }

                // Якщо є передплата на делегата відновлення прогресу -...
                if (
                        ((k % progressMod1) == 0)
                     &&
                        (OnUpdateRSMatrixFormingProgress != null)
                   )
                {
                    //...виводимо дані
                    OnUpdateRSMatrixFormingProgress(((double)(k + 1) /
(double)this.n) * percOfFirstStage);
                }

                // У випадку, якщо потрібна постановка на паузу, подію
"executeEvent"
                // буде скинуто, і будемо на паузі аж до його появи
                ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                // Якщо зазначено, що потрібно вийти з потоку - виходимо
                if (ManualResetEvent.WaitAll(this.exitEvent, 0, false))
                {
                    // Вказуємо, що декодер не сконфігурований коректно
                    this.configIsOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Встановлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return false;
                }
            }

            return true;
        }

        /// <summary>
        /// Метод одержання "альтернативної" матриці "A" : у ньому для
заповнення матриці кодування
        /// з 65535 констант вибираються 32768, таких, щоб логарифм кожної з них
був взаємно
        /// простим зі значенням "65535", тобто щоб їх НСД (найбільший спільний
дільник) був рівний
        /// "1". Порушення цієї умови приводить до неможливості обігу матриці
кодування,
        /// і, відповідно, до неможливості відновлення даних)
        /// </summary>
        /// <returns>Булевий прапор результату операції</returns>
        protected bool MakeAlternativeMatrix()
        {
            // Перебирається значення логарифму з метою подальшого одержання
константи
            // для занесення в матрицю шляхом його потенцирування
            int logBase = 0;
```

```
            // Відновлення по "logBase" підстановка ступеня для формування рядка
            // матриці Вандермонда
            int powBase = 0;

            // Виділяємо пам'ять під матрицю "FLog"
            this.A = new int[this.m * this.n];

            // Обчислюємо розподіл відсотків ітерацій по стадіях для
            // коректної обробки відсотків
            double allStageIter  = this.iterOfFirstStage +
this.iterOfSecondStage;
            int percOfFirstStage = (int)((100.0 * this.iterOfFirstStage) /
allStageIter);

            // Дана стадія повинна займати хоча б один відсоток
            // (для коректності розрахунків)
            if (percOfFirstStage == 0)
            {
                percOfFirstStage = 1;
            }

            // Обчислюємо значення модуля, що дозволить виводити відсоток
обробки
            // рівно при одиничному збільшенні для циклу по "i"
            int progressMod1 = this.m / percOfFirstStage;

            // Якщо модуль дорівнює нулю, то збільшуємо його до значення "1",
щоб
            // прогрес виводився на кожній ітерації
            if (progressMod1 == 0)
            {
                progressMod1 = 1;
            }

            // Заповнюємо матрицю даними (формуємо матрицю Вандермонда)
            for (int i = 0; i < this.m; i++)
            {
                // Поки "logBase" не взаємно просто з "65535"...
                while (
                          ((logBase % 3)   == 0)
                       ||
                          ((logBase % 5)   == 0)
                       ||
                          ((logBase % 17)  == 0)
                       ||
                          ((logBase % 257) == 0)
                      )
                {
                    ++logBase;
                }

                //...потім, відновлюємо його значення...
                powBase = this.eGF16.Exp(logBase++);

                // Зсув у масиві до елементів i-ой рядка
                int i_n = i * this.n;

                for (int j = 0; j < this.n; j++)
                {
                    //...i використовуємо для формування рядка матриці
Вандермонда
                    this.A[i_n + j] = this.eGF16.Pow(powBase, j);
                }

                // Якщо є передплата на делегата відновлення прогресу -...
                if (
                        ((i % progressMod1) == 0)
                     &&
                        (OnUpdateRSMatrixFormingProgress != null)
```

```
                    )
                {
                    //...виводимо дані
                    OnUpdateRSMatrixFormingProgress(((double)(i + 1) /
(double)this.m) * percOfFirstStage);
                }

                // У випадку, якщо потрібна постановка на паузу, подію
"executeEvent"
                // буде скинуто, і будемо на паузі аж до його появи
                ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                // Якщо зазначено, що потрібно вийти з потоку - виходимо
                if (ManualResetEvent.WaitAll(this.exitEvent, 0, false))
                {
                    // Вказуємо, що декодер не сконфігуровано коректно
                    this.configIsOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Встановлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return false;
                }
            }

            return true;
        }

        /// <summary>
        /// Заповнення матриці "FLog" даними
        /// </summary>
        protected virtual void FillFLog() { }

        #endregion Protected Operations
    }
}
```

Файл RSDataBackupEncoder.cs - кодування алгоритмом Ріда-Соломона

```
using System;
using System.Threading;

namespace RecoveryDisk
{
    /// <summary>
    /// Клас DATABACKUP-подібного кодера Ріда-Соломона
    /// </summary>
    public class RSDataBackupEncoder : RSDataBackupBase
    {
        #region Construction & Destruction

        /// <summary>
        /// Конструктор кодера за замовчуванням
        /// </summary>
        public RSDataBackupEncoder()
        {
            // Створюємо об'єкт класу роботи з елементами поля Галуа
            this.eGF16 = new GF16();
        }

        /// <summary>
        /// Базовий конструктор кодера
        /// </summary>
        /// <param name="dataCount">Кількість основних томів</param>
        /// <param name="eccCount">Кількість томів для відновлення</param>
        public RSDataBackupEncoder(int dataCount, int eccCount)
        {
            // Установка конфігурації кодера
            SetConfig(dataCount, eccCount, (int)RSType.Alternative);

            // Створюємо об'єкт класу роботи з елементами поля Галуа
            this.eGF16 = new GF16();
        }

        /// <summary>
        /// Розширений конструктор кодера
        /// </summary>
        /// <param name="dataCount">Кількість основних томів</param>
        /// <param name="eccCount">Кількість томів для відновлення</param>
        /// <param name="codecType">Тип кодека Ріда-Соломона (по типу
матриці)</param>
        public RSDataBackupEncoder(int dataCount, int eccCount, int codecType)
        {
            // Установка конфігурації кодера
            SetConfig(dataCount, eccCount, codecType);

            // Створюємо об'єкт класу роботи з елементами поля Галуа
            this.eGF16 = new GF16();
        }

        #endregion Construction & Destruction

        #region Public Operations

        /// <summary>
        /// Установка конфігурації кодера
        /// </summary>
        /// <param name="dataCount">Кількість основних томів</param>
        /// <param name="eccCount">Кількість томів для відновлення</param>
        /// <param name="codecType">Тип кодека Ріда-Соломона (по типу
матриці)</param>
        /// <returns>Булевський прапор операції установки конфігурації</returns>
        public bool SetConfig(int dataCount, int eccCount, int codecType)
```

```
        {
            int maxVolCount;

            // Установлюємо константи, що відповідають обраному режиму
            if (codecType == (int)RSType.Dispersal)
            {
                maxVolCount = (int)RSConst.MaxVolCountDisp;

            } else
            {
                maxVolCount = (int)RSConst.MaxVolCountAlt;
            }

            // Перевіряємо конфігурацію на коректність
            if (
                    (dataCount > 0)
                 &&
                    (eccCount > 0)
                 &&
                    ((dataCount + eccCount) <= maxVolCount)
                )
            {
                // Якщо основна конфігурація змінилася - сповіщаємо про це
                if (
                        (dataCount != this.n)
                     ||
                        (eccCount != this.m)
                     ||
                        (codecType != this.eRSType)
                    )
                {
                    this.mainConfigChanged = true;
                }

                // Зберігаємо конфігурацію
                this.n = dataCount;
                this.m = eccCount;
                this.eRSType = codecType;

                // Також перераховуємо кількість ітерацій всіх стадій підготовки
                double n = this.n;
                double m = this.m;

                // Нормалізуємо значення для розрахунку, щоб уникнути
переповнення змінних
                NormalizeNM(ref n, ref m);

                // Кількість ітерацій на першій стадії залежить від типу
використовуваної матриці
                if (this.eRSType == (int)RSType.Alternative)
                {
                    this.iterOfFirstStage = m;

                } else
                {
                    this.iterOfFirstStage = ((n * m) * n) + (n * ((n + m) + (n *
(n + m))));
                }

                this.iterOfSecondStage = 0; // У кодери немає інвертування
матриці

                this.configIsOK = true;

            } else
            {
                //...указуємо на помилку конфігурації
                this.configIsOK = false;
            }
```

```
            return this.configIsOK;
        }

        /// <summary>
        /// Метод множення матриці кодування на вхідний прологарифмований вектор
        /// </summary>
        /// <param name="dataLog">Прологарифмований вхідний вектор (вихідні
дані)</param>
        /// <param name="ecc">Вихідний вектор (надлишкові дані)</param>
        /// <returns>Булевський прапор результату операції</returns>
        public bool Process(int[] dataLog, ref int[] ecc)
        {
            // Якщо кодер зконфігуровано некоректно, обробка неможлива!
            if (!this.configIsOK)
            {
                return false;
            }

            // Копіюємо покажчик на масив експонент для скорочення часу обігу
            int[] GF16Exp = this.eGF16.GFExpTable;

            // Обчислення результату множення матриці на вектор
            for (int i = 0; i < this.m; i++)
            {
                int mulSum = 0;         // Сума добутку рядка матриці на
стовпець
                int i_n = i * this.n;   // Зсув у масиві до елементів i-ой рядка

                for (int j = 0; j < this.n; j++)
                {
                    mulSum ^= GF16Exp[this.FLog[i_n + j] + dataLog[j]];
                }

                ecc[i] = mulSum;
            }

            return true;
        }

        #endregion Public Operations

        #region Private Operations

        /// <summary>
        /// Заповнення матриці Вандермонда даними
        /// </summary>
        protected override void FillFLog()
        {
            // Якщо основна конфігурація змінилася...
            if (this.mainConfigChanged)
            {
                if (this.eRSType == (int)RSType.Dispersal)
                {
                    //...робимо формування дисперсної матриці "D"
                    if (!MakeDispersalMatrix())
                    {
                        // Указуємо, що кодер зконфігуровано некоректно
                        this.configIsOK = false;

                        // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                        this.finished = true;

                        // Установлюємо подію завершення обробки
                        this.finishedEvent[0].Set();

                        return;
                    }
```

```
                } else
                {
                    //...робимо формування альтернативного заповнення матриці
"A"
                    if (!MakeAlternativeMatrix())
                    {
                        // Указуємо, що кодер зконфігуровано некоректно
                        this.configIsOK = false;

                        // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                        this.finished = true;

                        // Установлюємо подію завершення обробки
                        this.finishedEvent[0].Set();

                        return;
                    }
                }

                // Виділяємо пам'ять під матрицю "FLog"
                this.FLog = new int[this.m * this.n];

                // Заповнюємо матрицю кодування
                for (int i = 0; i < this.m; i++)
                {
                    // Зсув у масиві до елементів i-ой рядка
                    int i_n = i * this.n;

                    // Залежно від типу декодера беремо дані з відповідного
масиву
                    if (this.eRSType == (int)RSType.Dispersal)
                    {
                        // Формування рядка в матриці кодування
                        for (int j = 0; j < this.n; j++)
                        {
                            // У матрицю кодування поміщаємо логарифми її
вихідних елементів
                            // (для прискорення множення матриці на вектор)
                            this.FLog[i_n + j] = this.eGF16.Log(this.D[((this.n
+ i) * this.n) + j]);
                        }

                    } else
                    {
                        // Формування рядка в матриці кодування
                        for (int j = 0; j < this.n; j++)
                        {
                            int idx = i_n + j;

                            // У матрицю кодування поміщаємо логарифми її
вихідних елементів
                            // (для прискорення множення матриці на вектор)
                            this.FLog[idx] = this.eGF16.Log(this.A[idx]);
                        }
                    }

                    // У випадку, якщо потрібна постановка на паузу, подію
"executeEvent"
                    // буде скинуто, і будемо на паузі аж до його появи
                    ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                    // Якщо зазначено, що потрібно вийти з потоку - виходимо
                    if (ManualResetEvent.WaitAll(this.exitEvent, 0, false))
                    {
                        // Указуємо, що кодер зконфігуровано некоректно
                        this.configIsOK = false;

                        // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                        this.finished = true;
```

```
                        // Установлюємо подію завершення обробки
                        this.finishedEvent[0].Set();

                        return;
                    }
                }

                // Якщо є передплата на делегата завершення...
                if (OnRSMatrixFormingFinish != null)
                {
                    //...повідомляємо, що екземпляр класу готовий до роботи
                    OnRSMatrixFormingFinish();
                }

                //...і скидаємо прапор
                this.mainConfigChanged = false;
            }

            // Якщо є передплата на делегата завершення...
            if (OnRSMatrixFormingFinish != null)
            {
                //...повідомляємо, що екземпляр класу готовий до роботи
                OnRSMatrixFormingFinish();
            }

            // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
            this.finished = true;

            // Установлюємо подію завершення обробки
            this.finishedEvent[0].Set();
        }

        #endregion Private Operations
    }
}
```

Файл RSDataBackupDecoder.cs - декодування алгоритмомом Ріда-Соломона

```
using System;
using System.Threading;

namespace RecoveryDisk
{
    /// <summary>
    /// Клас DATABACKUP-подібного декодера Ріда-Соломона
    /// </summary>
    public class RSDataBackupDecoder : RSDataBackupBase
    {
        #region Data

        // Масив булевських ознак "рядок матриці "FLog" тривіальна?"
        private bool[] FLogRowIsTrivial;

        // Список порядкових номерів наявних томів (нумерація з нуля)
        private int[] volList;

        #endregion Data

        #region Construction & Destruction

        /// <summary>
        /// Конструктор декодера за замовчуванням
        /// </summary>
        public RSDataBackupDecoder()
        {
            // Створюємо об'єкт класу роботи з елементами поля Галуа
            this.eGF16 = new GF16();
        }

        /// <summary>
        /// Базовий конструктор декодера
        /// </summary>
        /// <param name="dataCount">Кількість основних томів</param>
        /// <param name="eccCount">Кількість томів для відновлення</param>
        /// <param name="volList">Список порядкових номерів наявних
томів</param>
        public RSDataBackupDecoder(int dataCount, int eccCount, int[] volList)
        {
            // Установка конфігурації кодера
            SetConfig(dataCount, eccCount, volList, (int)RSType.Alternative);

            // Створюємо об'єкт класу роботи з елементами поля Галуа
            this.eGF16 = new GF16();
        }

        /// <summary>
        /// Розширений конструктор декодера
        /// </summary>
        /// <param name="dataCount">Кількість основних томів</param>
        /// <param name="eccCount">Кількість томів для відновлення</param>
        /// <param name="volList">Список порядкових номерів наявних
томів</param>
        /// <param name="codecType">Тип кодека Ріда-Соломона (по типу
матриці)</param>
        public RSDataBackupDecoder(int dataCount, int eccCount, int[] volList,
int codecType)
        {
            // Установка конфігурації кодера
            SetConfig(dataCount, eccCount, volList, codecType);

            // Створюємо об'єкт класу роботи з елементами поля Галуа
```

```
            this.eGF16 = new GF16();
        }

        #endregion Construction & Destruction

        #region Public Operations

        /// <summary>
        /// Установка конфігурації декодера
        /// </summary>
        /// <param name="dataCount">Кількість основних томів</param>
        /// <param name="eccCount">Кількість томів для відновлення</param>
        /// <param name="volList">Список порядкових номерів наявних
томів</param>
        /// <param name="codecType">Тип кодека Ріда-Соломона (по типу
матриці)</param>
        /// <returns>Булевський прапор операції установки конфігурації</returns>
        public bool SetConfig(int dataCount, int eccCount, int[] volList, int
codecType)
        {
            int maxVolCount;

            // Установлюємо константи, що відповідають обраному режиму
            if (codecType == (int)RSType.Dispersal)
            {
                maxVolCount = (int)RSConst.MaxVolCountDisp;

            } else
            {
                maxVolCount = (int)RSConst.MaxVolCountAlt;
            }

            // Перевіряємо конфігурацію на коректність
            if (
                    (dataCount > 0)
                 &&
                    (eccCount > 0)
                 &&
                    ((dataCount + eccCount) <= maxVolCount)
                 &&
                    (volList.Length >= dataCount)
                )
            {
                // Якщо основна конфігурація змінилася - сповіщаємо про це
                if (
                        (dataCount != this.n)
                     ||
                        (eccCount != this.m)
                     ||
                        (codecType != this.eRSType)
                    )
                {
                    this.mainConfigChanged = true;
                }

                // Зберігаємо конфігурацію
                this.n = dataCount;
                this.m = eccCount;
                this.eRSType = codecType;

                // Також перераховуємо кількість ітерацій всіх стадій підготовки
                double n = this.n;
                double m = this.m;

                // Нормалізуємо значення для розрахунку, щоб уникнути
переповнення змінних
                NormalizeNM(ref n, ref m);
```

```
                // Кількість ітерацій, що відслідковуються прогресом, на першій
стадії
                // залежить від типу використовуваної матриці
                if (this.eRSType == (int)RSType.Alternative)
                {
                    this.iterOfFirstStage = m;

                } else
                {
                    this.iterOfFirstStage = ((n * m) * n) + (n * ((n + m) + (n *
(n + m))));
                }

                this.iterOfSecondStage = (n * (((n - 1) * (n - 1)) + (n * n)));

                // Виділяємо пам'ять під масив булевських ознак "рядок матриці
"FLog" тривіальна?"
                this.FLogRowIsTrivial = new bool[dataCount];

                // Зберігаємо список наявних томів
                this.volList = volList;

                this.configIsOK = true;

            } else
            {
                //...указуємо на помилку конфігурації
                this.configIsOK = false;
            }

            return this.configIsOK;
        }

        /// <summary>
        /// Метод множення матриці кодування на вхідний прологарифмований вектор
        /// </summary>
        /// <param name="dataEccLog">Прологарифмований вхідний вектор (дані +
ecc)</param>
        /// <param name="data">Вихідний вектор (відновлені вихідні дані)</param>
        /// <returns>Булевський прапор результату операції</returns>
        public bool Process(int[] dataEccLog, ref int[] data)
        {
            // Якщо кодер зконфігуровано некоректно, обробка неможлива!
            if (!this.configIsOK)
            {
                return false;
            }

            // Копіюємо покажчик на масив експонент для скорочення часу обігу
            int[] GF16Exp = this.eGF16.GFExpTable;

            // Обчислення результату множення матриці на вектор
            for (int i = 0; i < this.n; i++)
            {
                // Якщо поточний рядок матриці не є тривіальної, робимо обробку
                if (!this.FLogRowIsTrivial[i])
                {
                    int mulSum = 0;     // Сума добутку рядка матриці на
стовпець
                    int i_n = i * this.n; // Зсув у масиві до елементів i-ой
рядка

                    for (int j = 0; j < this.n; j++)
                    {
                        mulSum ^= GF16Exp[this.FLog[i_n + j] + dataEccLog[j]];
                    }

                    data[i] = mulSum;
```

```
                } else
                {
                    data[i] = GF16Exp[dataEccLog[i]];
                }
            }

            return true;
        }

        #endregion Public Operations

        #region Private Operations

        /// <summary>
        /// Пошук матриці, зворотної до "FLog", методом Жорданових виключень
        /// (Дана модифікація методу може використовуватися тільки в тих
випадках,
        /// коли (-a) = (a), тому що через непотрібність пропущена стадія зміни
елементів),
        /// крім того, відсутній пошук ненульового розв'язного елемента (у
випадку
        /// роботи з матрицею Вандермонда наявність нуля на діагоналі - збій
кодека,
        /// тому ситуація з виявленням нуля сприймається винятково як помилка
        /// </summary>
        /// <returns>Булевський прапор результату операції</returns>
        private bool FInv()
        {
            // Обчислюємо розподіл відсотків ітерацій по стадіях для
            // коректної обробки відсотків
            double allStageIter   = this.iterOfFirstStage +
this.iterOfSecondStage;
            int percOfFirstStage  = (int)((100.0 * this.iterOfFirstStage)  /
allStageIter);
            int percOfSecondStage = (int)((100.0 * this.iterOfSecondStage) /
allStageIter);

            // Дана стадія повинна займати хоча б один відсоток
            // (для коректності розрахунків)
            if (percOfSecondStage == 0)
            {
                percOfSecondStage = 1;
            }

            // Обчислюємо значення модуля, що дозволить виводити відсоток
обробки
            // рівно при одиничному збільшенні для циклу по "k"
            int progressMod1 = this.n / percOfSecondStage;

            // Якщо модуль дорівнює нулю, то збільшуємо його до значення "1",
щоб
            // прогрес виводився на кожній ітерації
            if (progressMod1 == 0)
            {
                progressMod1 = 1;
            }

            // Цикл вибору розв'язного елемента "pivot"
            for (int k = 0; k < this.n; ++k)
            {
                // Якщо даний рядок тривіальна - просто переходимо на нову
ітерацію
                if (this.FLogRowIsTrivial[k])
                {
                    continue;
                }

                // Зсув у масиві до елементів k-ой рядка
                int k_n = k * this.n;
```

```
                // Індекс розв'язного елемента
                int pivotIdx = k_n + k;

                // Витягаємо розв'язний елемент
                int pivot = this.FLog[pivotIdx];

                // Якщо розв'язний елемент дорівнює нулю - матриця не має
зворотної
                if (pivot == 0)
                {
                    //...указуємо на помилку конфігурації
                    this.configIsOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Установлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return false;
                }

                // Після добування розв'язного елемента поміщаємо на його місце
"1"
                this.FLog[pivotIdx] = 1;

                // Працюємо з рядками...
                for (int i = 0; i < this.n; i++)
                {
                    // Якщо перебуваємо на рядку розв'язного елемента -
переходимо
                    // на нову ітерацію
                    if (i == k)
                    {
                        continue;
                    }

                    // Зсув у масиві до елементів i-ой рядка
                    int i_n = i * this.n;

                    // Працюємо зі стовпцями...
                    for (int j = 0; j < this.n; j++)
                    {
                        // Якщо перебуваємо на стовпці розв'язного елемента -
переходимо
                        // на нову ітерацію...
                        if (j == k)
                        {
                            continue;
                        }

                        int idx = i_n + j;

                        //...а інакше робимо необхідні дії над матрицею:
                        // "A[i,j] = A[i,j] * pivot + A[i,k] * A[k,j]"
                        this.FLog[idx] = this.eGF16.Mul(this.FLog[idx], pivot) ^
this.eGF16.Mul(this.FLog[i_n + k], this.FLog[k_n + j]);
                    }
                }

                // Розподіл матриці на розв'язний елемент заміняємо множенням на
зворотний
                int pivotInv = this.eGF16.Inv(pivot);

                for (int i = 0; i < this.n; i++)
                {
                    // Зсув у масиві до елементів i-ой рядка
                    int i_n = (i * this.n);
```

```
                    for (int j = 0; j < this.n; j++)
                    {
                        int idx = i_n + j;

                        this.FLog[idx] = this.eGF16.Mul(this.FLog[idx],
pivotInv);
                    }
                }

                // Якщо є передплата на делегата відновлення прогресу -...
                if (
                        ((k % progressMod1) == 0)
                     &&
                        (OnUpdateRSMatrixFormingProgress != null)
                   )
                {
                    //...виводимо дані
                    OnUpdateRSMatrixFormingProgress((((double)(k + 1) /
(double)this.n) * percOfSecondStage) + percOfFirstStage);
                }

                // У випадку, якщо потрібна постановка на паузу, подію
"executeEvent"
                // буде скинуто, і будемо на паузі аж до його появи
                ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                // Якщо зазначено, що потрібно вийти з потоку - виходимо
                if (ManualResetEvent.WaitAll(this.exitEvent, 0, false))
                {
                    // Указуємо, що декодер зконфігуровано некоректно
                    this.configIsOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Установлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return false;
                }
            }

            return true;
        }

        /// <summary>
        /// Обчислення логарифмів значень інвертованої матриці
        /// <summary>
        private void LogFCalc()
        {
            // Працюємо з рядками...
            for (int i = 0; i < this.n; i++)
            {
                // Зсув у масиві до елементів і-ой рядка
                int i_n = i * this.n;

                // Працюємо зі стовпцями...
                for (int j = 0; j < this.n; j++)
                {
                    int idx = i_n + j;

                    this.FLog[idx] = this.eGF16.Log(this.FLog[idx]);
                }
            }
        }

        /// <summary>
        /// Заповнення матриці "FLog" (матриці декодера) даними
```

```
        /// </summary>
        protected override void FillFLog()
        {
            // Якщо довжина вектора наявних томів менше кількості,
            // необхідного для відновлення...
            if (this.volList.Length < this.n)
            {
                //...указуємо на помилку конфігурації
                this.configIsOK = false;

                // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                this.finished = true;

                // Установлюємо подію завершення обробки
                this.finishedEvent[0].Set();

                return;
            }

            // Виділяємо пам'ять під матрицю "FLog"
            this.FLog = new int[this.n * this.n];

            // Вектор лічильників всіх томів...
            int[] allVolCount = new int[this.n + this.m];

            //...і вектор ecc-томів для "затикання" пробілів, створених
            // загубленими основними томами
            int[] eccVolToFix = new int[this.m];

            // Лічильник кількості стертих основних томів
            int dataVolMissCount = this.n;

            // Ініціалізуємо масив лічильників всіх томів
            for (int i = 0; i < (this.n + this.m); i++)
            {
                allVolCount[i] = 0;
            }

            // Проводимо аналіз складу представлених томів на предмет наявності
основних
            for (int i = 0; i < this.n; i++)
            {
                // Обчислюємо номер поточного тому
                int currVol = Math.Abs(this.volList[i]);

                // Якщо номер тому відповідає припустимому діапазону
                if (currVol < (this.n + this.m))
                {
                    ++allVolCount[currVol];

                    // Якщо поточний том є основним, фіксуємо даний факт
                    if (currVol < this.n)
                    {
                        ---idataVolMissCount;
                    }

                } else
                {
                    // Указуємо на помилку конфігурації
                    this.configIsOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Установлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return;
                }
```

```
            }

            // Перевіряємо лічильники томів на помилкове дублювання
            for (int i = 0; i < (this.n + this.m); i++)
            {
                // Якщо деякий том був зазначений більш ніж один раз...
                if (allVolCount[i] > 1)
                {
                    //...указуємо на помилку конфігурації
                    this.configIsOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Установлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return;
                }
            }

            // Якщо перевірка на несуперечність не виявила проблем, починаємо
            // формувати матрицю "FLog"

            // Якщо основна конфігурація змінилася...
            if (this.mainConfigChanged)
            {
                if (this.eRSType == (int)RSType.Dispersal)
                {
                    //...робимо формування дисперсної матриці "D"
                    if (!MakeDispersalMatrix())
                    {
                        // Указуємо, що кодер зконфігуровано некоректно
                        this.configIsOK = false;

                        // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                        this.finished = true;

                        // Установлюємо подію завершення обробки
                        this.finishedEvent[0].Set();

                        return;
                    }

                } else
                {
                    //...робимо формування альтернативного заповнення матриці
"A"
                    if (!MakeAlternativeMatrix())
                    {
                        // Указуємо, що кодер зконфігуровано некоректно
                        this.configIsOK = false;

                        // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                        this.finished = true;

                        // Установлюємо подію завершення обробки
                        this.finishedEvent[0].Set();

                        return;
                    }
                }

                //...і скидаємо прапор
                this.mainConfigChanged = false;
            }

            // Для кожного загубленого основного тому шукаємо том для
відновлення
```

```
            for (int i = 0, j = 0; i < dataVolMissCount; i++)
            {
                // Рухаємося за списком томів доти, поки не знайдемо том для
                // відновлення для затикання "дірки" (основні томи мають номера
                // менше this.n (при нумерації з нуля!))
                while (this.volList[j] < this.n)
                {
                    j++;
                }

                // Зберігаємо номер тому для заміни загубленого основного тому
                eccVolToFix[i] = this.volList[j];

                j++; // j++ дозволяє перейти до наступного пошуку
            }

            // Працюємо по рядках матриці (в ідеалі, всі рядки повинні
заповнюватися
            // рядками з одиницею на головній діагоналі, що відповідає
відсутності
            // ушкоджень, але allVolCount укаже, якими є справи з наявністю
томів)
            for (int i = 0, e = 0; i < this.n; i++)
            {
                // Індекс рядка з дисперсної матриці, що буде поміщена в матрицю
кодування
                int DRowIdx;

                // Зсув у масиві до елементів i-ой рядка
                int i_n = i * this.n;

                // Якщо основний том відсутній, формуємо рядок матриці
Вандермонда
                if (allVolCount[i] == 0)
                {
                    // Обчислюємо номер рядка матриці Вандермонда, яку потрібно
вставити
                    // на місце даного рядка формованої матриці "FLog"
                    DRowIdx = eccVolToFix[e++];

                    // Указуємо, що даний рядок матриці "FLog" не тривіальна
                    this.FLogRowIsTrivial[i] = false;

                } else
                {
                    // Формуємо в матриці "FLog" нульовий рядок з одиницею на
головній діагоналі
                    // (відповідає наявному основному той)
                    DRowIdx = i;

                    // Указуємо, що даний рядок матриці "FLog" тривіальна
                    this.FLogRowIsTrivial[i] = true;
                }

                // Залежно від типу декодера беремо дані з відповідного масиву
                // (у ньому втримуються як рядки матриці Вандермонда, так і
"тривіальні" рядки,
                //  утримуючі нулі і єдиний елемент "1" на головній діагоналі)
                if (this.eRSType == (int)RSType.Dispersal)
                {
                    int bs = DRowIdx * this.n;

                    // Формування рядка в матриці кодування
                    // ("тривіальні" рядки вже втримуються в матриці "D", вони
вийшли
                    // "автоматично" на попередньому етапі обробки
MakeDispersal())
                    for (int j = 0; j < this.n; j++)
                    {
```

```
                        this.FLog[i_n + j] = this.D[bs + j];
                    }

                } else
                {
                    // Якщо це потрібно - формуємо "тривіальну" рядок...
                    if (this.FLogRowIsTrivial[i])
                    {
                        for (int j = 0; j < this.n; j++)
                        {
                            this.FLog[i_n + j] = 0;
                        }

                        this.FLog[i_n + i] = 1;

                    } else
                    {
                        int bs = (DRowIdx - this.n) * this.n;

                        //...а, інакше, беремо рядок матриці Вандермонда
                        for (int j = 0; j < this.n; j++)
                        {
                            this.FLog[i_n + j] = this.A[bs + j];
                        }
                    }
                }

                // У випадку, якщо потрібна постановка на паузу, подію
"executeEvent"
                // буде скинуто, і будемо на паузі аж до його появи
                ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                // Якщо зазначено, що потрібно вийти з потоку - виходимо
                if (ManualResetEvent.WaitAll(this.exitEvent, 0, false))
                {
                    //...указуємо на помилку конфігурації
                    this.configIsOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Установлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return;
                }
            }

            // Знаходимо зворотну матрицю для "FLog"
            if (!FInv())
            {
                // Указуємо, що кодер зконфігуровано некоректно
                this.configIsOK = false;

                // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                this.finished = true;

                // Установлюємо подію завершення обробки
                this.finishedEvent[0].Set();

                return;
            }

            // Обчислюємо логарифми елементів інвертованої матриці
            LogFCalc();

            // Якщо є передплата на делегата завершення...
            if (OnRSMatrixFormingFinish != null)
            {
```

```
                //...повідомляємо, що екземпляр класу готовий до роботи
                OnRSMatrixFormingFinish();
            }

            // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
            this.finished = true;

            // Установлюємо подію завершення обробки
            this.finishedEvent[0].Set();
        }

        #endregion Private Operations

        #region Public Properties

        /// <summary>
        /// Список порядкових номерів наявних томів
        /// </summary>
        public int[] VolList
        {
            get
            {
                if (!InProcessing)
                {
                    return this.volList;

                } else
                {
                    return null;
                }
            }
        }

        #endregion Public Properties
    }
}
```

Файл FileAnalyzer.cs - контроль цілісності даних

```
using System;
using System.Threading;
using System.IO;

namespace RecoveryDisk
{
    /// <summary>
    /// Клас контролю цілісності даних
    /// </summary>
    public class FileAnalyzer
    {
        #region Delegates

        /// <summary>
        /// Делегат відновлення прогресу контролю цілісності файлів
        /// </summary>
        public OnUpdateDoubleValueHandler OnUpdateFileAnalyzeProgress;

        /// <summary>
        /// Делегат завершення процесу контролю цілісності файлів
        /// </summary>
        public OnEventHandler OnFileAnalyzeFinish;

        /// <summary>
        /// Делегат одержання статистики ушкоджень багатотомного архіву
        /// </summary>
        public OnUpdateTwoDoubleValueHandler OnGetDamageStat;

        #endregion Delegates

        #region Public Properties & Data

        /// <summary>
        /// Булевська властивість "Файл обробляється?"
        /// </summary>
        public bool InProcessing
        {
            get
            {
                if (
                        (this.thrFileAnalyzer != null)
                    &&
                        (
                            (this.thrFileAnalyzer.ThreadState ==
ThreadState.Running)
                        ||
                            (this.thrFileAnalyzer.ThreadState ==
ThreadState.WaitSleepJoin)
                        )
                    )
                {
                    return true;

                } else
                {
                    return false;
                }
            }
        }

        /// <summary>
        /// Булевська властивість "Екземпляр класу закінчив обробку
        /// (має актуальний стан змінних-членів)?"
        /// </summary>
```

```
public bool Finished
{
    get
    {
        // Якщо клас не зайнятий обробкою - повертаємо значення
        if (!InProcessing)
        {
            return this.finished;

        } else
        {
            return false;
        }
    }
}

/// <summary>
/// Екземпляр класу повністю закінчив обробку?
/// </summary>
private bool finished;

/// <summary>
/// Булевська властивість "Множина файлів оброблена коректно?"
/// </summary>
public bool ProcessedOK
{
    get
    {
        // Якщо клас не зайнятий обробкою - повертаємо значення
        if (!InProcessing)
        {
            return this.processedOK;

        } else
        {
            return false;
        }
    }
}

/// <summary>
/// Обробка набору файлів зроблена коректно?
/// </summary>
private bool processedOK;

/// <summary>
/// Список порядкових номерів наявних томів
/// </summary>
public int[] VolList
{
    get
    {
        if (!InProcessing)
        {
            return this.volList;

        } else
        {
            return null;
        }
    }
}

/// <summary>
/// Вектор, що вказує на состав томів
/// </summary>
private int[] volList;

/// <summary>
```

```
        /// Всі томи для відновлення коректні?
        /// </summary>
        public bool AllEccVolsOK
        {
            get
            {
                if (!InProcessing)
                {
                    return this.allEccVolsOK;

                } else
                {
                    return false;
                }
            }
        }

        /// <summary>
        /// Всі томи для відновлення коректні?
        /// </summary>
        private bool allEccVolsOK;

        /// <summary>
        /// Пріоритет процесу
        /// </summary>
        public int ThreadPriority
        {
            get
            {
                return (int)this.threadPriority;
            }

            set
            {
                if (
                        (this.thrFileAnalyzer != null)
                     &&
                        (this.thrFileAnalyzer.IsAlive)
                    )
                {
                    switch (value)
                    {
                        default:
                        case 0:
                        {
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.Lowest;

                            break;
                        }

                        case 1:
                        {
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.BelowNormal;

                            break;
                        }

                        case 2:
                        {
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.Normal;

                            break;
                        }

                        case 3:
                        {
```

```
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.AboveNormal;

                            break;
                        }

                        case 4:
                        {
                            this.threadPriority =
System.Threading.ThreadPriority.Highest;

                            break;
                        }
                    }

                    // Установлюємо обраний пріоритет процесу
                    this.thrFileAnalyzer.Priority = this.threadPriority;

                    // Дублюємо установку параметра для підконтрольного об'єкта
                    if (this.eFileIntegrityCheck != null)
                    {
                        this.eFileIntegrityCheck.ThreadPriority = value;
                    }
                }
            }
        }

        /// <summary>
        /// Пріоритет процесу контролю цілісності файлів
        /// </summary>
        private ThreadPriority threadPriority;

        /// <summary>
        /// Подія, установлювана по завершенню обробки
        /// </summary>
        public ManualResetEvent[] FinishedEvent
        {
            get
            {
                return this.finishedEvent;
            }
        }

        /// <summary>
        /// Подія, установлювана по завершенню обробки
        /// </summary>
        private ManualResetEvent[] finishedEvent;

        #endregion Public Properties & Data

        #region Data

        /// <summary>
        /// Модуль для впакування (розпакування) ім'я файлу в префіксний формат
        /// </summary>
        private FileNamer eFileNamer;

        /// <summary>
        /// Екземпляр класу контролю цілісності набору файлів
        /// </summary>
        private FileIntegrityCheck eFileIntegrityCheck;

        /// <summary>
        /// Шлях до файлів для обробки
        /// </summary>
        private String path;

        /// <summary>
        /// Ім'я файлу, якому належить безліч томів
```

```
        /// </summary>
        private String fileName;

        /// <summary>
        /// Кількість основних томів
        /// </summary>
        private int dataCount;

        /// <summary>
        /// Кількість томів для відновлення
        /// </summary>
        private int eccCount;

        /// <summary>
        /// Тип кодека Ріда-Соломона (по типу використовуваної матриці
кодування)
        /// </summary>
        private int codecType;

        /// <summary>
        /// Використовується швидке добування з томів (без перевірки CRC-64)?
        /// </summary>
        private bool fastExtraction;

        /// <summary>
        /// Потік контролю цілісності файлу
        /// </summary>
        private Thread thrFileAnalyzer;

        /// <summary>
        /// Подія припинення обробки файлів
        /// </summary>
        private ManualResetEvent[] exitEvent;

        /// <summary>
        /// Подія продовження обробки файлів
        /// </summary>
        private ManualResetEvent[] executeEvent;

        /// <summary>
        /// Подія "пробудження" циклу очікування
        /// </summary>
        private ManualResetEvent[] wakeUpEvent;

        #endregion Data

        #region Construction & Destruction

        /// <summary>
        /// Конструктор класу перевірки цілісності набору файлів
        /// </summary>
        public FileAnalyzer()
        {
            // Модуль для впакування (розпакування) ім'я файлу в префіксний
формат
            this.eFileNamer = new FileNamer();

            // Створюємо екземпляр класу контролю цілісності набору файлів
            this.eFileIntegrityCheck = new FileIntegrityCheck();

            // Шлях до файлів для обробки за замовчуванням порожній
            this.path = "";

            // Ініціалізуємо ім'я файлу за замовчуванням
            this.fileName = "NONAME";

            // Спочатку всі томи для відновлення вважаємо ушкодженими
            this.allEccVolsOK = false;
```

```
            // Екземпляр класу повністю закінчив обробку?
            this.finished = true;

            // Обробка зроблена коректно?
            this.processedOK = false;

            // За замовчуванням встановлюється фоновий пріоритет
            this.threadPriority = 0;

            // Ініціалізуємо подію припинення обробки файлів
            this.exitEvent = new ManualResetEvent[] { new
ManualResetEvent(false) };

            // Ініціалізуємо подію продовження обробки файлів
            this.executeEvent = new ManualResetEvent[] { new
ManualResetEvent(false) };

            // Ініціалізуємо подію "пробудження" циклу очікування
            this.wakeUpEvent = new ManualResetEvent[] { new
ManualResetEvent(false) };

            // Подія, установлювана по завершенню обробки
            this.finishedEvent = new ManualResetEvent[] { new
ManualResetEvent(true) };
        }

        #endregion Construction & Destruction

        #region Public Operations

        /// <summary>
        /// Метод запуску потоку обробки обчислення й записи CRC64 у кінець
файлів
        /// </summary>
        /// <param name="path">Шлях до файлів для обробки</param>
        /// <param name="fileName">Ім'я файлу для обробки</param>
        /// <param name="dataCount">Конфігурація кількості основних
томів</param>
        /// <param name="eccCount">Конфігурація кількості томів для
відновлення</param>
        /// <param name="codecType">Тип кодека Ріда-Соломона (по типу
матриці)</param>
        /// <param name="runAsSeparateThread">Запускати в окремому
потоці?</param>
        /// <returns>Булевський прапор операції</returns>
        public bool StartToWriteCRC64(String path, String fileName, int
dataCount, int eccCount, int codecType, bool runAsSeparateThread)
        {
            // Якщо потік обчислення CRC-64 працює - не дозволяємо повторний
запуск
            if (InProcessing)
            {
                return false;
            }

            // Скидаємо прапор коректності результату перед запуском потоку
            this.processedOK = false;

            // Скидаємо індикатор актуального стану змінних-членів
            this.finished = false;

            // Зберігаємо шлях до файлів для обробки
            if (path == null)
            {
                this.path = "";

            } else
            {
                // Робимо виділення шляху з "path" у випадку,
```

```
                // якщо туди було записано повне ім'я
                this.path = this.eFileNamer.GetPath(path);
            }

            if (fileName == null)
            {
                // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                this.finished = true;

                // Установлюємо подію завершення обробки
                this.finishedEvent[0].Set();

                return false;
            }

            // Робимо виділення короткого ім'я файлу з "fileName" у випадку,
            // якщо туди було записано повне ім'я
            this.fileName = this.eFileNamer.GetShortFileName(fileName);

            // Перевіряємо на некоректну конфігурацію
            if (
                    (dataCount <= 0)
                 ||
                    (eccCount <= 0)
                 ||
                    ((dataCount + eccCount) > (int)RSConst.MaxVolCountAlt)
                )
            {
                // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                this.finished = true;

                // Установлюємо подію завершення обробки
                this.finishedEvent[0].Set();

                return false;
            }

            // Зберігаємо кількість основних томів
            this.dataCount = dataCount;

            // Зберігаємо кількість томів для відновлення
            this.eccCount = eccCount;

            // Зберігаємо тип кодека Ріда-Соломона (по типу використовуваної
матриці кодування)
            this.codecType = codecType;

            // Указуємо, що потік повинен виконуватися
            this.exitEvent[0].Reset();
            this.executeEvent[0].Set();
            this.wakeUpEvent[0].Reset();
            this.finishedEvent[0].Reset();

            // Якщо зазначено, що не потрібен запуск в окремому потоці,
            // запускаємо в даному
            if (!runAsSeparateThread)
            {
                // Обчислюємо CRC-64 для кожного з файлів набору
                WriteCRC64();

                // Повертаємо результат обробки
                return this.processedOK;
            }

            // Створюємо потік обчислення й запису CRC-64...
            this.thrFileAnalyzer = new Thread(new ThreadStart(WriteCRC64));

            //...потім даємо йому ім'я...
            this.thrFileAnalyzer.Name = "FileAnalyzer.WriteCRC64()";
```

```
            //...установлюємо обраний пріоритет завдання...
            this.thrFileAnalyzer.Priority = this.threadPriority;

            //...і запускаємо його
            this.thrFileAnalyzer.Start();

            // Повідомляємо, що все нормально
            return true;
        }

        /// <summary>
        /// Метод запуску потоку обробки перевірки CRC64, записаного в кінець
        /// кожного з файлів набору, з генеруванням списку наявних томів
"volList",
        /// який буде використаний декодером для відновлення даних
        /// </summary>
        /// <param name="path">Шлях до файлів для обробки</param>
        /// <param name="fileName">Ім'я файлу для обробки</param>
        /// <param name="dataCount">Конфігурація кількості основних
томів</param>
        /// <param name="eccCount">Конфігурація кількості томів для
відновлення</param>
        /// <param name="codecType">Тип кодека Ріда-Соломона (по типу
матриці)</param>
        /// <param name="fastExtraction">Використовується швидке добування з
томів (без перевірки CRC-64)?</param>
        /// <param name="runAsSeparateThread">Запускати в окремому
потоці?</param>
        /// <returns>Булевський прапор операції</returns>
        public bool StartToAnalyzeCRC64(String path, String fileName, int
dataCount, int eccCount, int codecType, bool fastExtraction, bool
runAsSeparateThread)
        {
            // Якщо потік обчислення CRC-64 працює - не дозволяємо повторний
запуск
            if (InProcessing)
            {
                return false;
            }

            // Спочатку всі томи для відновлення вважаємо ушкодженими
            this.allEccVolsOK = false;

            // Скидаємо прапор коректності результату перед запуском потоку
            this.processedOK = false;

            // Скидаємо індикатор актуального стану змінних-членів
            this.finished = false;

            // Зберігаємо шлях до файлів для обробки
            if (path == null)
            {
                this.path = "";

            } else
            {
                // Робимо виділення шляху з "path" у випадку,
                // якщо туди було записано повне ім'я
                this.path = this.eFileNamer.GetPath(path);
            }

            if (fileName == null)
            {
                // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                this.finished = true;

                // Установлюємо подію завершення обробки
                this.finishedEvent[0].Set();
```

```
                return false;
            }

            // Робимо виділення короткого ім'я файлу з "fileName" у випадку,
            // якщо туди було записано повне ім'я
            this.fileName = this.eFileNamer.GetShortFileName(fileName);

            // Перевіряємо на некоректну конфігурацію
            if (
                    (dataCount <= 0)
                 ||
                    (eccCount <= 0)
                 ||
                    ((dataCount + eccCount) > (int)RSConst.MaxVolCountAlt)
                )
            {
                // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                this.finished = true;

                // Установлюємо подію завершення обробки
                this.finishedEvent[0].Set();

                return false;
            }

            // Зберігаємо кількість основних томів
            this.dataCount = dataCount;

            // Зберігаємо кількість томів для відновлення
            this.eccCount = eccCount;

            // Зберігаємо тип кодека Ріда-Соломона (по типу використовуваної
матриці кодування)
            this.codecType = codecType;

            // Використовується швидке добування з томів (без перевірки CRC-64)?
            this.fastExtraction = fastExtraction;

            // Указуємо, що потік повинен виконуватися
            this.exitEvent[0].Reset();
            this.executeEvent[0].Set();
            this.wakeUpEvent[0].Reset();
            this.finishedEvent[0].Reset();

            // Якщо зазначено, що не потрібен запуск в окремому потоці,
            // запускаємо в даному
            if (!runAsSeparateThread)
            {
                // Обчислюємо й перевіряємо CRC-64 для кожного з файлів набору
із заповненням
                // властивості VolList
                AnalyzeCRC64();

                // Повертаємо результат обробки
                return this.processedOK;
            }

            // Створюємо потік обчислення й перевірки CRC-64...
            this.thrFileAnalyzer = new Thread(new ThreadStart(AnalyzeCRC64));

            //...потім даємо йому ім'я...
            this.thrFileAnalyzer.Name = "FileAnalyzer.AnalyzeCRC64()";

            //...установлюємо обраний пріоритет завдання...
            this.thrFileAnalyzer.Priority = this.threadPriority;

            //...і запускаємо його
            this.thrFileAnalyzer.Start();
```

```
            // Повідомляємо, що все нормально
            return true;
        }

        /// <summary>
        /// Метод зупинки потоку
        /// </summary>
        public void Stop()
        {
            // Указуємо, що потік обробки більше не повинен виконуватися
            this.exitEvent[0].Set();

            // Примусово знімаємо з паузи
            this.executeEvent[0].Set();

            // Знімаємо з очікування в циклі
            this.wakeUpEvent[0].Set();
        }

        /// <summary>
        /// Постановка потоку обробки на паузу
        /// </summary>
        public void Pause()
        {
            // Ставимо на паузу
            this.executeEvent[0].Reset();

            // Знімаємо з очікування в циклі
            this.wakeUpEvent[0].Set();
        }

        /// <summary>
        /// Зняття потоку обробки з паузи
        /// </summary>
        public void Continue()
        {
            // Знімаємо обробку с паузи
            this.executeEvent[0].Set();
        }

        #endregion Public Operations

        #region Private Operations

        /// <summary>
        /// Обчислення й запис у кінець файлів значення CRC-64
        /// </summary>
        private void WriteCRC64()
        {
            // Обчислюємо значення модуля, що дозволить виводити відсоток
обробки
            // рівно при одиничному збільшенні для циклу по "i"
            int progressMod1 = (this.dataCount + this.eccCount) / 100;

            // Якщо модуль дорівнює нулю, то збільшуємо його до значення "1",
щоб
            // прогрес виводився на кожній ітерації (файл дуже маленький)
            if (progressMod1 == 0)
            {
                progressMod1 = 1;
            }

            // Піддаємо обробці всі томи
            for (int volNum = 0; volNum < (this.dataCount + this.eccCount);
volNum++)
            {
                // Зчитуємо первісне ім'я файлу
                String fileName = this.fileName;
```

```
                // Одержуємо ім'я вихідного файлу в префіксній формі
                this.eFileNamer.Pack(ref fileName, volNum, this.dataCount,
this.eccCount, this.codecType);

                // Формуємо повне ім'я файлу
                fileName = this.path + fileName;

                // Робимо обчислення CRC-64 для кожного файлу
                if (this.eFileIntegrityCheck.StartToWriteCRC64(fileName, true))
                {
                    // Цикл очікування завершення обробки файлу
                    while (true)
                    {
                        // Якщо не виявили встановленої події "executeEvent",
                        // те користувач хоче, щоб ми поставили обробку на паузу
-
                        if (!ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent, 0,
false))
                        {
                            //...припиняємо роботу контрольованого алгоритму...
                            this.eFileIntegrityCheck.Pause();

                            //...програма переходить у режим сна
                            ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                            // А коли прокинулися, указуємо, що обробка повинна
тривати
                            this.eFileIntegrityCheck.Continue();
                        }

                        // Чекаємо кожне з перерахованих подій...
                        int eventIdx = ManualResetEvent.WaitAny(new
ManualResetEvent[] { this.wakeUpEvent[0], this.exitEvent[0],
this.eFileIntegrityCheck.FinishedEvent[0] });

                        //...якщо одержали сигнал до того, щоб прокинутися -
                        // переходимо на нову ітерацію, тому що прокидаємося
                        // перед постановкою на паузу...
                        if (eventIdx == 0)
                        {
                            //...попередньо скинувши подію, що змусила нас
прокинутися
                            this.wakeUpEvent[0].Reset();

                            continue;
                        }

                        //...якщо одержали сигнал до виходу з обробки...
                        if (eventIdx == 1)
                        {
                            //...зупиняємо контрольований алгоритм
                            this.eFileIntegrityCheck.Stop();

                            // Указуємо на те, що обробка була перервана
                            this.processedOK = false;

                            // Активуємо індикатор актуального стану змінних-
членів
                            this.finished = true;

                            // Установлюємо подію завершення обробки
                            this.finishedEvent[0].Set();

                            return;
                        }

                        //...якщо одержали сигнал про завершення обробки
вкладеним алгоритмом...
```

```
                        if (eventIdx == 2)
                        {
                            //...exitимо із циклу очікування завершення (цього й
чекали в while(true)!)
                            break;
                        }

                    } // while(true)

                } else
                {
                    // Скидаємо прапор коректності результату
                    this.processedOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Установлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return;
                }

                // У зв'язку із закриттям великої кількості файлових потоків
                // необхідно дочекатися запису змін, внесених потоком
                // кодування в тіло класу. Потік уже не працює, але
                // установлена їм Булевська властивість, можливо, ще
                // "не виявилося"
                for (int i = 0; i < (int)WaitCount.MaxWaitCount; i++)
                {
                    if (!this.eFileIntegrityCheck.Finished)
                    {
                        Thread.Sleep((int)WaitTime.MinWaitTime);

                    } else
                    {
                        break;
                    }
                }

                // Якщо цикли очікування закриття файлових потоків не привели до
бажаного
                // результату - це помилка
                if (!this.eFileIntegrityCheck.ProcessedOK)
                {
                    // Указуємо на те, що обробка не була завершена коректно
                    this.processedOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Установлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return;
                }

                // Виводимо прогрес обробки
                if (
                        ((volNum % progressMod1) == 0)
                     &&
                        (OnUpdateFileAnalyzeProgress != null)
                    )
                {
                    OnUpdateFileAnalyzeProgress(((double)(volNum + 1) /
(double)(this.dataCount + this.eccCount)) * 100.0);
                }
```

```
                // У випадку, якщо потрібна постановка на паузу, подію
"executeEvent"
                // буде скинуто, і будемо на паузі аж до його появи
                ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                // Якщо зазначено, що потрібно вийти з потоку - виходимо
                if (ManualResetEvent.WaitAll(this.exitEvent, 0, false))
                {
                    // Указуємо на те, що обробка була перервана
                    this.processedOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Установлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return;
                }
            }

            // Повідомляємо про закінчення процесу обробки
            if (OnFileAnalyzeFinish != null)
            {
                OnFileAnalyzeFinish();
            }

            // Повідомляємо, що обробка пройшла коректно
            this.processedOK = true;

            // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
            this.finished = true;

            // Установлюємо подію завершення обробки
            this.finishedEvent[0].Set();
        }

          /// <summary>
        /// Обчислення й перевірка значення CRC-64, записаного наприкінці файлу
        /// </summary>
        private void AnalyzeCRC64()
        {
            // Обчислюємо значення модуля, що дозволить виводити відсоток
обробки
            // рівно при одиничному збільшенні для циклу по "i"
            int progressMod1 = (this.dataCount + this.eccCount) / 100;

            // Якщо модуль дорівнює нулю, то збільшуємо його до значення "1",
щоб
            // прогрес виводився на кожній ітерації (файл дуже маленький)
            if (progressMod1 == 0)
            {
                progressMod1 = 1;
            }

            // Виділяємо пам'ять під "volList"
            this.volList = new int[this.dataCount];

            // Виділяємо пам'ять під "altEccList"
            int[] altEccList = new int[this.eccCount];

            // Індекс у масиві томів
            int volListIdx = 0;

            // Індекс у масиві томів для відновлення
            int altEccListIdx = 0;

            // Лічильник кількості ушкоджених основних томів
            int dataVolMissCount = 0;
```

```
            // Лічильник кількості знайдених томів для відновлення
            int eccVolPresentCount = 0;

            // Ім'я файлу для обробки
            String fileName;

            // Піддаємо перевірці всі основні томи
            for (int dataNum = 0; dataNum < this.dataCount; dataNum++)
            {
                // Спочатку припускаємо, що поточний том ушкоджено
                bool dataVolIsOK = false;

                // Зчитуємо первісне ім'я файлу
                fileName = this.fileName;

                // Одержуємо ім'я вихідного файлу в префіксній формі
                this.eFileNamer.Pack(ref fileName, dataNum, this.dataCount,
this.eccCount, this.codecType);

                // Формуємо повне ім'я файлу
                fileName = this.path + fileName;

                // Якщо вихідний файл існує...
                if (File.Exists(fileName))
                {
                    // Якщо не використовується швидке добування - перевіряємо
на цілісність
                    // CRC-64, інакше думаємо, що все корректно (цілісність тому
беремо
                    // по факті його наявності)
                    if (!this.fastExtraction)
                    {
                        //...- робимо його перевірку
                        if (this.eFileIntegrityCheck.StartToCheckCRC64(fileName,
true))
                        {
                            // Цикл очікування завершення обробки файлу
                            while (true)
                            {
                                // Якщо не виявили встановленої події
"executeEvent",
                                // те користувач хоче, щоб ми поставили обробку
на паузу -
                                if (!ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent,
0, false))
                                {
                                    //...припиняємо роботу контрольованого
алгоритму...
                                    this.eFileIntegrityCheck.Pause();

                                    //...програма переходить у режим сна
                                    ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                                    // А коли прокинулися, указуємо, що обробка
повинна тривати
                                    this.eFileIntegrityCheck.Continue();
                                }

                                // Чекаємо кожне з перерахованих подій...
                                int eventIdx = ManualResetEvent.WaitAny(new
ManualResetEvent[] { this.wakeUpEvent[0], this.exitEvent[0],
this.eFileIntegrityCheck.FinishedEvent[0] });

                                //...якщо одержали сигнал до того, щоб
прокинутися -
                                // переходимо на нову ітерацію, тому що
прокидаємося
                                // перед постановкою на паузу...
```

```
                                if (eventIdx == 0)
                                {
                                    //...попередньо скинувши подію, що змусила
нас прокинутися
                                    this.wakeUpEvent[0].Reset();

                                    continue;
                                }

                                //...якщо одержали сигнал до виходу з обробки...
                                if (eventIdx == 1)
                                {
                                    //...зупиняємо контрольований алгоритм
                                    this.eFileIntegrityCheck.Stop();

                                    // Указуємо на те, що обробка була перервана
                                    this.processedOK = false;

                                    // Активуємо індикатор актуального стану
змінних-членів
                                    this.finished = true;

                                    // Установлюємо подію завершення обробки
                                    this.finishedEvent[0].Set();

                                    return;
                                }

                                //...якщо одержали сигнал про завершення обробки
вкладеним алгоритмом...
                                if (eventIdx == 2)
                                {
                                    //...exitимо із циклу очікування завершення
(цього й чекали в while(true)!)
                                    break;
                                }

                            } // while(true)

                        } else
                        {
                            // Скидаємо прапор коректності результату
                            this.processedOK = false;

                            // Активуємо індикатор актуального стану змінних-
членів
                            this.finished = true;

                            // Установлюємо подію завершення обробки
                            this.finishedEvent[0].Set();

                            return;
                        }

                        // У зв'язку із закриттям великої кількості файлових
потоків
                        // необхідно дочекатися запису змін, внесених потоком
                        // кодування в тіло класу. Потік уже не працює, але
                        // установлене їм Булевська властивість, можливо, ще
                        // "не виявилося"
                        for (int i = 0; i < (int)WaitCount.MaxWaitCount; i++)
                        {
                            if (!this.eFileIntegrityCheck.Finished)
                            {
                                Thread.Sleep((int)WaitTime.MinWaitTime);

                            } else
                            {
                                break;
```

```
                        }
                    }

                    // Указуємо, що основний том коректний
                    if (this.eFileIntegrityCheck.ProcessedOK)
                    {
                        dataVolIsOK = true;
                    }

                } else
                {
                    // Указуємо, що основний том коректний
                    dataVolIsOK = true;
                }

                // Виводимо прогрес обробки
                if (
                        ((dataNum % progressMod1) == 0)
                     &&
                        (OnUpdateFileAnalyzeProgress != null)
                    )
                {
                    OnUpdateFileAnalyzeProgress(((double)(dataNum + 1) /
(double)(this.dataCount + this.eccCount)) * 100.0);
                }

                // У випадку, якщо потрібна постановка на паузу, подію
"executeEvent"
                // буде скинуто, і будемо на паузі аж до його появи
                ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                // Якщо зазначено, що потрібно вийти з потоку - виходимо
                if (ManualResetEvent.WaitAll(this.exitEvent, 0, false))
                {
                    // Указуємо на те, що обробка була перервана
                    this.processedOK = false;

                    // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                    this.finished = true;

                    // Установлюємо подію завершення обробки
                    this.finishedEvent[0].Set();

                    return;
                }
            }

            // Якщо даний основний том не ушкоджений, записуємо його в
"volList",
            // а інакше збільшуємо лічильник ушкоджених томів і ставимо на
місце
            // номера тому значення "-1", що вкаже на необхідність
підстановки
            // тому для відновлення
            if (dataVolIsOK)
            {
                this.volList[volListIdx++] = dataNum;

            } else
            {
                this.volList[volListIdx++] = -1;

                // Збільшуємо лічильник кількості ушкоджених основних томів
                dataVolMissCount++;
            }
        }

        // Тепер, коли знаємо кількість ушкоджених основних томів,
        // потрібно просканувати всі файли для відновлення, і визначити
```

```
            // необхідну їхню частину в список томів, а "надлишок" помістити в
            // список альтренативних томів для відновлення
            for (int eccNum = this.dataCount; eccNum < (this.dataCount +
this.eccCount); eccNum++)
            {
                // Спочатку припускаємо, що поточний том ушкоджено
                bool eccVolIsOK = false;

                // Зчитуємо первісне ім'я файлу
                fileName = this.fileName;

                // Одержуємо ім'я вихідного файлу в префіксній формі
                this.eFileNamer.Pack(ref fileName, eccNum, this.dataCount,
this.eccCount, this.codecType);

                // Формуємо повне ім'я файлу
                fileName = this.path + fileName;

                // Якщо вихідний файл існує...
                if (File.Exists(fileName))
                {
                    // Якщо не використовується швидке добування - перевіряємо
на цілісність
                    // CRC-64, інакше думаємо, що все корректно (цілісність тому
беремо
                    // по факту його наявності)
                    if (!this.fastExtraction)
                    {
                        //...- робимо його перевірку
                        if (this.eFileIntegrityCheck.StartToCheckCRC64(fileName,
true))
                        {
                            // Цикл очікування завершення обробки файлу
                            while (true)
                            {
                                // Якщо не виявили встановленої події
"executeEvent",
                                // то користувач хоче, щоб ми поставили обробку
на паузу -
                                if (!ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent,
0, false))
                                {
                                    //...припиняємо роботу контрольованого
алгоритму...
                                    this.eFileIntegrityCheck.Pause();

                                    //...програма переходить у режим сна
                                    ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                                    // А коли прокинулися, указуємо, що обробка
повинна тривати
                                    this.eFileIntegrityCheck.Continue();
                                }

                                // Чекаємо кожне з перерахованих подій...
                                int eventIdx = ManualResetEvent.WaitAny(new
ManualResetEvent[] { this.wakeUpEvent[0], this.exitEvent[0],
this.eFileIntegrityCheck.FinishedEvent[0] });

                                //...якщо одержали сигнал до того, щоб
прокинутися -
                                // переходимо на нову ітерацію, тому що
прокидаємося
                                // перед постановкою на паузу...
                                if (eventIdx == 0)
                                {
                                    //...попередньо скинувши подію, що змусила
нас прокинутися
                                    this.wakeUpEvent[0].Reset();
```

```
                                continue;
                            }

                            //...якщо одержали сигнал до виходу з обробки...
                            if (eventIdx == 1)
                            {
                                //...зупиняємо контрольований алгоритм
                                this.eFileIntegrityCheck.Stop();

                                // Указуємо на те, що обробка була перервана
                                this.processedOK = false;

                                // Активуємо індикатор актуального стану
змінних-членів
                                this.finished = true;

                                // Установлюємо подію завершення обробки
                                this.finishedEvent[0].Set();

                                return;
                            }

                            //...якщо одержали сигнал про завершення обробки
вкладеним алгоритмом...
                            if (eventIdx == 2)
                            {
                                //...exitимо із циклу очікування завершення
(цього й чекали в while(true)!)
                                break;
                            }

                        } // while(true)

                    } else
                    {
                        // Скидаємо прапор коректності результату
                        this.processedOK = false;

                        // Активуємо індикатор актуального стану змінних-
членів
                        this.finished = true;

                        // Установлюємо подію завершення обробки
                        this.finishedEvent[0].Set();

                        return;
                    }

                    // У зв'язку із закриттям великої кількості файлових
потоків
                    // необхідно дочекатися запису змін, внесених потоком
                    // кодування в тіло класу. Потік уже не працює, але
                    // установлене їм Булевська властивість, можливо, ще
                    // "не виявилося"
                    for (int i = 0; i < (int)WaitCount.MaxWaitCount; i++)
                    {
                        if (!this.eFileIntegrityCheck.Finished)
                        {
                            Thread.Sleep((int)WaitTime.MinWaitTime);

                        } else
                        {
                            break;
                        }
                    }

                    // Указуємо, що том для відновлення коректний
                    if (this.eFileIntegrityCheck.ProcessedOK)
```

```
                        {
                            eccVolIsOK = true;
                        }

                    } else
                    {
                        // Указуємо, що том для відновлення коректний
                        eccVolIsOK = true;
                    }

                    // Виводимо прогрес обробки
                    if (
                            ((eccNum % progressMod1) == 0)
                         &&
                            (OnUpdateFileAnalyzeProgress != null)
                        )
                    {
                        OnUpdateFileAnalyzeProgress(((double)(eccNum + 1) /
(double)(this.dataCount + this.eccCount)) * 100.0);
                    }

                    // У випадку, якщо потрібна постановка на паузу, подію
"executeEvent"
                    // буде скинуто, і будемо на паузі аж до його появи
                    ManualResetEvent.WaitAll(this.executeEvent);

                    // Якщо зазначено, що потрібно вийти з потоку - виходимо
                    if (ManualResetEvent.WaitAll(this.exitEvent, 0, false))
                    {
                        // Указуємо на те, що обробка була перервана
                        this.processedOK = false;

                        // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                        this.finished = true;

                        // Установлюємо подію завершення обробки
                        this.finishedEvent[0].Set();

                        return;
                    }
                }

                // Якщо том для відновлення гарний...
                if (eccVolIsOK)
                {
                    //...- додаємо його в список
                    altEccList[altEccListIdx++] = eccNum;

                    // Збільшуємо лічильник кількості томів для відновлення
                    eccVolPresentCount++;

                } else
                {
                    //...а інакше вказуємо, що том ушкоджено
                    altEccList[altEccListIdx++] = -1;
                }
            }

            // Якщо значення лічильника кількості коректних томів для
відновлення збігається
            // зі значенням лічильника томів для відновлення конфігурації - всі
томи для
            // відновлення є неушкодженими
            if (eccVolPresentCount == this.eccCount)
            {
                this.allEccVolsOK = true;
            }

            // Виводимо статистику ушкоджень
```

```
            if (OnGetDamageStat != null)
            {
                // Обчислюємо загальний відсоток ушкоджень (суму ушкоджень
                // основних томів і томів для відновлення ділимо на загальну
кількість томів)
                double percOfDamage = ((double)(dataVolMissCount +
(this.eccCount - eccVolPresentCount)) / (double)(this.dataCount +
this.eccCount)) * 100;

                // Обчислюємо відсоток "" альтернативних томів, щовижили, для
відновлення
                // Альтернативні томи - це спочатку ті томи, які не планується
використовувати для відновлення
                double percOfAltEcc = ((double)(eccVolPresentCount -
dataVolMissCount) / (double)this.eccCount) * 100;

                // Виводимо статистику ушкоджень
                OnGetDamageStat(percOfDamage, percOfAltEcc);
            }

            // Якщо немає ушкоджених основних томів, просто виходимо
            if (dataVolMissCount == 0)
            {
                // Повідомляємо про закінчення процесу обробки
                if (OnFileAnalyzeFinish != null)
                {
                    OnFileAnalyzeFinish();
                }

                // Указуємо на те, що дані не ушкоджені
                this.processedOK = true;

                // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                this.finished = true;

                // Установлюємо подію завершення обробки
                this.finishedEvent[0].Set();

                return;
            }

            // Якщо ми не зможемо відновити ушкодження...
            if (eccVolPresentCount < dataVolMissCount)
            {
                //...указуємо на те, що дані не можуть бути відновлені
                this.processedOK = false;

                // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
                this.finished = true;

                // Установлюємо подію завершення обробки
                this.finishedEvent[0].Set();

                return;
            }

            // Переміщаємося на початок списку альтернативних томів для
відновлення
            altEccListIdx = 0;

            // Тепер пробігаємося по вектору "volList", і замість кожного зі
значень "-1"
            // підставляємо чергове значення зі знайденого діапазону
            for (int i = 0; i < this.dataCount; i++)
            {
                if (this.volList[i] == -1)
                {
                    // Пробігаємося по векторі томів для відновлення,
                    // зупиняючись на коректному томі для відновлення
```

```
                    while (altEccList[altEccListIdx] == -1)
                    {
                        altEccListIdx++;
                    }

                    // Підставляємо на місце ушкодженого основного тому
                    // том для відновлення,...
                    this.volList[i] = altEccList[altEccListIdx];

                    //...забираючи використаний том зі списку альтернативних
                    altEccList[altEccListIdx] = -1;
                }
            }

            // Повідомляємо про закінчення процесу обробки
            if (OnFileAnalyzeFinish != null)
            {
                OnFileAnalyzeFinish();
            }

            // Повідомляємо, що обробка пройшла коректно
            this.processedOK = true;

            // Активуємо індикатор актуального стану змінних-членів
            this.finished = true;

            // Установлюємо подію завершення обробки
            this.finishedEvent[0].Set();
        }

        #endregion Private Operations
    }
}
```

Файл MainForm.cs - головне вікно програми

```
namespace RecoveryDisk
{
    partial class MainForm
    {
        /// <summary>
        ///
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;

        /// <summary>
        ///
        /// </summary>
        /// <param name="disposing">правда, якщо керуючі ресурси повині бути
розташовані, неправда в іншому випадку.</param>
        protected override void Dispose(bool disposing)
        {
            if (disposing && (components != null))
            {
                components.Dispose();
            }
            base.Dispose(disposing);
        }

        #region Windows Form Designer generated code

        /// <summary>
        /// Викликаємо метод для підтримки інтерфейсу
        /// </summary>
        private void InitializeComponent()
        {
            this.components = new System.ComponentModel.Container();
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode1 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("");
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode2 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("Documents and Settings", 18, 20, new
System.Windows.Forms.TreeNode[] {
            treeNode1});
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode3 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("");
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode4 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("Downloads", 18, 20, new
System.Windows.Forms.TreeNode[] {
            treeNode3});
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode5 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("");
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode6 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("Program Files", 18, 20, new
System.Windows.Forms.TreeNode[] {
            treeNode5});
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode7 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("");
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode8 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("RapidDriver", 18, 20, new
System.Windows.Forms.TreeNode[] {
            treeNode7});
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode9 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("");
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode10 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("Server", 18, 20, new
System.Windows.Forms.TreeNode[] {
            treeNode9});
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode11 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("");
```

```
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode12 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("WINDOWS", 18, 20, new
System.Windows.Forms.TreeNode[] {
            treeNode11});
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode13 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("");
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode14 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("WINDOWS.0", 18, 20, new
System.Windows.Forms.TreeNode[] {
            treeNode13});
            System.Windows.Forms.TreeNode treeNode15 = new
System.Windows.Forms.TreeNode("SYSTEM2 (C:)", 23, 24, new
System.Windows.Forms.TreeNode[] {
            treeNode2,
            treeNode4,
            treeNode6,
            treeNode8,
            treeNode10,
            treeNode12,
            treeNode14});
            System.ComponentModel.ComponentResourceManager resources = new
System.ComponentModel.ComponentResourceManager(typeof(MainForm));
            this.menuStrip = new System.Windows.Forms.MenuStrip();
            this.fileToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
            this.instrumentToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
            this.adjustmentToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
            this.encodingfilterToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
            this.quickextractionToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
            this.helpToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
            this.separatorToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripSeparator();
            this.aboutToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
            this.coderConfigGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.redundancyGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.redundancyMacTrackBar = new
EConTech.Windows.MACUI.MACTrackBar();
            this.allVolCountGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.allVolCountMacTrackBar = new
EConTech.Windows.MACUI.MACTrackBar();
            this.toolTip = new System.Windows.Forms.ToolTip(this.components);
            this.browser = new FileBrowser.Browser();
            this.repairButton = new System.Windows.Forms.Button();
            this.testButton = new System.Windows.Forms.Button();
            this.recoverButton = new System.Windows.Forms.Button();
            this.protectButton = new System.Windows.Forms.Button();
            this.exitToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
            this.testspeedToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
            this.menuStrip.SuspendLayout();
            this.coderConfigGroupBox.SuspendLayout();
            this.redundancyGroupBox.SuspendLayout();
            this.allVolCountGroupBox.SuspendLayout();
            this.SuspendLayout();
            //
            // menuStrip
            //
            this.menuStrip.Items.AddRange(new
System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
            this.fileToolStripMenuItem,
            this.instrumentToolStripMenuItem,
            this.adjustmentToolStripMenuItem,
```

```
            this.helpToolStripMenuItem});
            this.menuStrip.LayoutStyle =
System.Windows.Forms.ToolStripLayoutStyle.Flow;
            this.menuStrip.Location = new System.Drawing.Point(0, 0);
            this.menuStrip.Name = "menuStrip";
            this.menuStrip.Size = new System.Drawing.Size(986, 21);
            this.menuStrip.TabIndex = 0;
            this.menuStrip.Text = "menuStrip";
            //
            // fileToolStripMenuItem
            //
            this.fileToolStripMenuItem.DropDownItems.AddRange(new
System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
            this.exitToolStripMenuItem});
            this.fileToolStripMenuItem.Name = "файлToolStripMenuItem";
            this.fileToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(45, 17);
            this.fileToolStripMenuItem.Text = "Файл";
            //
            // instrumentsToolStripMenuItem
            //
            this.instrumentToolStripMenuItem.DropDownItems.AddRange(new
System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
            this.testspeedToolStripMenuItem});
            this.instrumentToolStripMenuItem.Name =
"instrumentsToolStripMenuItem";
            this.instrumentToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(82,
17);
            this.instrumentToolStripMenuItem.Text = "Інструменти";
            //
            // adjustmentToolStripMenuItem
            //
            this.adjustmentToolStripMenuItem.DropDownItems.AddRange(new
System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
            this.encodingfilterToolStripMenuItem,
            this.quickextractionToolStripMenuItem});
            this.adjustmentToolStripMenuItem.Name =
"adjustmentToolStripMenuItem";
            this.adjustmentToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(74,
17);
            this.adjustmentToolStripMenuItem.Text = "Параметри";
            //
            // encodingfilterToolStripMenuItem
            //
            this.encodingfilterToolStripMenuItem.ImageScaling =
System.Windows.Forms.ToolStripItemImageScaling.None;
            this.encodingfilterToolStripMenuItem.Name =
"encodingfilterToolStripMenuItem";
            this.encodingfilterToolStripMenuItem.Size = new
System.Drawing.Size(216, 22);
            this.encodingfilterToolStripMenuItem.Text = "Шифруючий фільтр";
            this.encodingfilterToolStripMenuItem.Click += new
System.EventHandler(this.encodingfilterToolStripMenuItem_Click);
            //
            // helpToolStripMenuItem
            //
            this.helpToolStripMenuItem.DropDownItems.AddRange(new
System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
            this.separatorToolStripMenuItem,
            this.aboutToolStripMenuItem});
            this.helpToolStripMenuItem.Name = "helpToolStripMenuItem";
            this.helpToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(60, 17);
            this.helpToolStripMenuItem.Text = "Довідка";
            //
            // separatorToolStripMenuItem
            //
            this.separatorToolStripMenuItem.Name = "separatorToolStripMenuItem";
            this.separatorToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(163,
6);
            //
```

```
            // aboutToolStripMenuItem
            //
            this.aboutToolStripMenuItem.Name = "aboutToolStripMenuItem";
            this.aboutToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(166, 22);
            this.aboutToolStripMenuItem.Text = "Про програму...";
            this.aboutToolStripMenuItem.Click += new
System.EventHandler(this.aboutToolStripMenuItem_Click);
            //
            // coderConfigGroupBox
            //
            this.coderConfigGroupBox.Controls.Add(this.redundancyGroupBox);
            this.coderConfigGroupBox.Controls.Add(this.allVolCountGroupBox);
            this.coderConfigGroupBox.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.Flat;
            this.coderConfigGroupBox.Location = new System.Drawing.Point(414,
26);
            this.coderConfigGroupBox.Name = "coderConfigGroupBox";
            this.coderConfigGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(561, 98);
            this.coderConfigGroupBox.TabIndex = 5;
            this.coderConfigGroupBox.TabStop = false;
            this.coderConfigGroupBox.Text = "Конфігурація системи";
            //
            // redundancyGroupBox
            //
            this.redundancyGroupBox.Controls.Add(this.redundancyMacTrackBar);
            this.redundancyGroupBox.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.Flat;
            this.redundancyGroupBox.Location = new System.Drawing.Point(286,
21);
            this.redundancyGroupBox.Name = "redundancyGroupBox";
            this.redundancyGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(264, 65);
            this.redundancyGroupBox.TabIndex = 4;
            this.redundancyGroupBox.TabStop = false;
            this.redundancyGroupBox.Text = "Надлишковість кодування";
            //
            // allVolCountGroupBox
            //
            this.allVolCountGroupBox.Controls.Add(this.allVolCountMacTrackBar);
            this.allVolCountGroupBox.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.Flat;
            this.allVolCountGroupBox.Location = new System.Drawing.Point(12,
21);
            this.allVolCountGroupBox.Name = "allVolCountGroupBox";
            this.allVolCountGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(264, 65);
            this.allVolCountGroupBox.TabIndex = 3;
            this.allVolCountGroupBox.TabStop = false;
            this.allVolCountGroupBox.Text = "Кількість дисків";
            //
            // toolTip
            //
            this.toolTip.AutomaticDelay = 2000;
            this.toolTip.AutoPopDelay = 20000;
            this.toolTip.InitialDelay = 2000;
            this.toolTip.ReshowDelay = 1000;
            //
            // redundancyMacTrackBar
            //
            this.redundancyMacTrackBar.BackColor =
System.Drawing.Color.Transparent;
            this.redundancyMacTrackBar.BorderColor =
System.Drawing.SystemColors.ActiveBorder;
            this.redundancyMacTrackBar.Font = new System.Drawing.Font("Verdana",
8.25F, System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
((byte)(0)));
            this.redundancyMacTrackBar.ForeColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(123)))), ((int)(((byte)(125)))),
((int)(((byte)(123)))));
            this.redundancyMacTrackBar.IndentHeight = 6;
```

```
            this.redundancyMacTrackBar.Location = new System.Drawing.Point(6,
24);
            this.redundancyMacTrackBar.Maximum = 199;
            this.redundancyMacTrackBar.Minimum = 0;
            this.redundancyMacTrackBar.Name = "redundancyMacTrackBar";
            this.redundancyMacTrackBar.Size = new System.Drawing.Size(252, 28);
            this.redundancyMacTrackBar.TabIndex = 6;
            this.redundancyMacTrackBar.TextTickStyle =
System.Windows.Forms.TickStyle.None;
            this.redundancyMacTrackBar.TickColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(148)))), ((int)(((byte)(146)))),
((int)(((byte)(148)))));
            this.redundancyMacTrackBar.TickHeight = 4;
            this.redundancyMacTrackBar.TickStyle =
System.Windows.Forms.TickStyle.None;
            this.redundancyMacTrackBar.TrackerColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(24)))), ((int)(((byte)(130)))),
((int)(((byte)(198)))));
            this.redundancyMacTrackBar.TrackerSize = new System.Drawing.Size(10,
16);
            this.redundancyMacTrackBar.TrackLineColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(90)))), ((int)(((byte)(93)))),
((int)(((byte)(90)))));
            this.redundancyMacTrackBar.TrackLineHeight = 3;
            this.redundancyMacTrackBar.Value = 19;
            this.redundancyMacTrackBar.ValueChanged += new
EConTech.Windows.MACUI.ValueChangedHandler(this.redundancyMacTrackBar_ValueChang
ed);
            this.redundancyMacTrackBar.MouseUp += new
System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.redundancyMacTrackBar_MouseUp);
            //
            // allVolCountMacTrackBar
            //
            this.allVolCountMacTrackBar.BackColor =
System.Drawing.Color.Transparent;
            this.allVolCountMacTrackBar.BorderColor =
System.Drawing.SystemColors.ActiveBorder;
            this.allVolCountMacTrackBar.Font = new
System.Drawing.Font("Verdana", 8.25F, System.Drawing.FontStyle.Bold,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(0)));
            this.allVolCountMacTrackBar.ForeColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(123)))), ((int)(((byte)(125)))),
((int)(((byte)(123)))));
            this.allVolCountMacTrackBar.IndentHeight = 6;
            this.allVolCountMacTrackBar.Location = new System.Drawing.Point(6,
24);
            this.allVolCountMacTrackBar.Maximum = 15;
            this.allVolCountMacTrackBar.Minimum = 0;
            this.allVolCountMacTrackBar.Name = "allVolCountMacTrackBar";
            this.allVolCountMacTrackBar.Size = new System.Drawing.Size(252, 28);
            this.allVolCountMacTrackBar.TabIndex = 5;
            this.allVolCountMacTrackBar.TextTickStyle =
System.Windows.Forms.TickStyle.None;
            this.allVolCountMacTrackBar.TickColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(148)))), ((int)(((byte)(146)))),
((int)(((byte)(148)))));
            this.allVolCountMacTrackBar.TickHeight = 4;
            this.allVolCountMacTrackBar.TickStyle =
System.Windows.Forms.TickStyle.None;
            this.allVolCountMacTrackBar.TrackerColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(24)))), ((int)(((byte)(130)))),
((int)(((byte)(198)))));
            this.allVolCountMacTrackBar.TrackerSize = new
System.Drawing.Size(10, 16);
            this.allVolCountMacTrackBar.TrackLineColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(90)))), ((int)(((byte)(93)))),
((int)(((byte)(90)))));
            this.allVolCountMacTrackBar.TrackLineHeight = 3;
            this.allVolCountMacTrackBar.Value = 2;
```

```
            this.allVolCountMacTrackBar.ValueChanged += new
EConTech.Windows.MACUI.ValueChangedHandler(this.allVolCountMacTrackBar_ValueChan
ged);
            this.allVolCountMacTrackBar.MouseUp += new
System.Windows.Forms.MouseEventHandler(this.allVolCountMacTrackBar_MouseUp);
            //
            // browser
            //
            this.browser.AutoValidate =
System.Windows.Forms.AutoValidate.EnablePreventFocusChange;
            this.browser.ListViewMode = System.Windows.Forms.View.List;
            this.browser.Location = new System.Drawing.Point(12, 131);
            this.browser.Name = "browser";
            treeNode1.Name = "";
            treeNode1.Text = "";
            treeNode2.ImageIndex = 18;
            treeNode2.Name = "backreg";
            treeNode2.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode2.Text = "backreg";
            treeNode3.Name = "";
            treeNode3.Text = "";
            treeNode4.ImageIndex = 18;
            treeNode4.Name = "CISCO_CCNA";
            treeNode4.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode4.Text = "CISCO_CCNA";
            treeNode5.Name = "";
            treeNode5.Text = "";
            treeNode6.ImageIndex = 18;
            treeNode6.Name = "Documents and Settings";
            treeNode6.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode6.Text = "Documents and Settings";
            treeNode7.Name = "";
            treeNode7.Text = "";
            treeNode8.ImageIndex = 18;
            treeNode8.Name = "Downloads";
            treeNode8.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode8.Text = "Downloads";
            treeNode9.Name = "";
            treeNode9.Text = "";
            treeNode10.ImageIndex = 18;
            treeNode10.Name = "Inprise";
            treeNode10.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode10.Text = "Inprise";
            treeNode11.Name = "";
            treeNode11.Text = "";
            treeNode12.ImageIndex = 18;
            treeNode12.Name = "Program Files";
            treeNode12.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode12.Text = "Program Files";
            treeNode13.ImageIndex = 33;
            treeNode13.Name = "Recycled";
            treeNode13.SelectedImageIndex = 34;
            treeNode13.Text = "Recycled";
            treeNode14.ImageIndex = 18;
            treeNode14.Name = "RECYCLER";
            treeNode14.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode14.Text = "RECYCLER";
            treeNode15.ImageIndex = 18;
            treeNode15.Name = "System Volume Information";
            treeNode15.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode15.Text = "System Volume Information";
            treeNode16.ImageIndex = 18;
            treeNode16.Name = "temp";
            treeNode16.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode16.Text = "temp";
            treeNode17.Name = "";
            treeNode17.Text = "";
            treeNode18.ImageIndex = 18;
            treeNode18.Name = "WINDOWS";
```

```
            treeNode18.SelectedImageIndex = 20;
            treeNode18.Text = "WINDOWS";
            treeNode19.ImageIndex = 23;
            treeNode19.Name = "Локальный диск (C:)";
            treeNode19.SelectedImageIndex = 24;
            treeNode19.Text = "Локальный диск (C:)";
            this.browser.SelectedNode = treeNode19;
            this.browser.ShowFoldersButton = false;
            this.browser.ShowNavigationBar = false;
            this.browser.Size = new System.Drawing.Size(962, 432);
            this.browser.SplitterDistance = 398;
            this.browser.StartUpDirectoryOther = "C:\\";
            this.browser.TabIndex = 0;
            this.browser.Load += new System.EventHandler(this.browser_Load);
            //
            // testButton
            //
            this.testButton.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.Popup;
            this.testButton.Image =
global::RecoveryStar.Properties.Resources.table_sql_view32451;
            this.testButton.ImageAlign =
System.Drawing.ContentAlignment.TopCenter;
            this.testButton.Location = new System.Drawing.Point(111, 27);
            this.testButton.Name = "testButton";
            this.testButton.Size = new System.Drawing.Size(100, 97);
            this.testButton.TabIndex = 4;
            this.testButton.Text = "Перевірка цілісності";
            this.testButton.TextAlign =
System.Drawing.ContentAlignment.BottomCenter;
            this.testButton.UseVisualStyleBackColor = true;
            this.testButton.Click += new
System.EventHandler(this.testButton_Click);
            //
            // repairButton
            //
            this.repairButton.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.Popup;
            this.repairButton.Image =
global::RecoveryStar.Properties.Resources.medical_bag465471;
            this.repairButton.ImageAlign =
System.Drawing.ContentAlignment.TopCenter;
            this.repairButton.Location = new System.Drawing.Point(210, 27);
            this.repairButton.Name = "repairButton";
            this.repairButton.Size = new System.Drawing.Size(100, 97);
            this.repairButton.TabIndex = 3;
            this.repairButton.Text = "Відновлення цілісності";
            this.repairButton.TextAlign =
System.Drawing.ContentAlignment.BottomCenter;
            this.repairButton.UseVisualStyleBackColor = true;
            this.repairButton.Click += new
System.EventHandler(this.repairButton_Click);
            //
            // recoverButton
            //
            this.recoverButton.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.Popup;
            this.recoverButton.Image =
global::RecoveryStar.Properties.Resources.redo6786987;
            this.recoverButton.ImageAlign =
System.Drawing.ContentAlignment.TopCenter;
            this.recoverButton.Location = new System.Drawing.Point(309, 27);
            this.recoverButton.Name = "recoverButton";
            this.recoverButton.Size = new System.Drawing.Size(100, 97);
            this.recoverButton.TabIndex = 2;
            this.recoverButton.Text = "Скидання дисків до початкового стану";
            this.recoverButton.TextAlign =
System.Drawing.ContentAlignment.BottomCenter;
            this.recoverButton.UseVisualStyleBackColor = true;
            this.recoverButton.Click += new
System.EventHandler(this.recoverButton_Click);
            //
```

```
            // protectButton
            //
            this.protectButton.BackColor = System.Drawing.SystemColors.Control;
            this.protectButton.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.Popup;
            this.protectButton.Font = new System.Drawing.Font("Microsoft Sans
Serif", 8.25F, System.Drawing.FontStyle.Regular,
System.Drawing.GraphicsUnit.Point, ((byte)(204)));
            this.protectButton.Image =
global::RecoveryStar.Properties.Resources.Database_1_64x64e65768;
            this.protectButton.ImageAlign =
System.Drawing.ContentAlignment.TopCenter;
            this.protectButton.Location = new System.Drawing.Point(12, 27);
            this.protectButton.Name = "protectButton";
            this.protectButton.Size = new System.Drawing.Size(100, 97);
            this.protectButton.TabIndex = 1;
            this.protectButton.Text = "Створення DataBackup масиву";
            this.protectButton.TextAlign =
System.Drawing.ContentAlignment.BottomCenter;
            this.protectButton.UseVisualStyleBackColor = false;
            this.protectButton.Click += new
System.EventHandler(this.protectButton_Click);
            //
            // ToolStripMenuItem
            //
            this.ToolStripMenuItem.Image =
global::RecoveryStar.Properties.Resources.Exit;
            this.ToolStripMenuItem.Name = "ToolStripMenuItem";
            this.ToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(152, 22);
            this.ToolStripMenuItem.Text = "Вихід";
            this.ToolStripMenuItem.Click += new
System.EventHandler(this.выходToolStripMenuItem_Click);
            //
            // ToolStripMenuItem
            //
            this.тестБыстродействияToolStripMenuItem.Image =
global::RecoveryStar.Properties.Resources.StartBenchmark;
            this.тестБыстродействияToolStripMenuItem.ImageScaling =
System.Windows.Forms.ToolStripItemImageScaling.None;
            this.ToolStripMenuItem.Name = "ToolStripMenuItem";
            this.ToolStripMenuItem.Size = new System.Drawing.Size(161, 22);
            this.ToolStripMenuItem.Text = "Тест швидкодії";
            this.ToolStripMenuItem.Click += new
System.EventHandler(this.тестБыстродействияToolStripMenuItem_Click);
            //
            // MainForm
            //
            this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
            this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
            this.ClientSize = new System.Drawing.Size(986, 576);
            this.Controls.Add(this.coderConfigGroupBox);
            this.Controls.Add(this.testButton);
            this.Controls.Add(this.repairButton);
            this.Controls.Add(this.recoverButton);
            this.Controls.Add(this.protectButton);
            this.Controls.Add(this.browser);
            this.Controls.Add(this.menuStrip);
            this.FormBorderStyle =
System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedDialog;
            this.Icon =
((System.Drawing.Icon)(resources.GetObject("$this.Icon")));
            this.MainMenuStrip = this.menuStrip;
            this.MaximizeBox = false;
            this.Name = "MainForm";
            this.StartPosition =
System.Windows.Forms.FormStartPosition.CenterScreen;
            this.Text = "Гарантоване збереження інформації на основі DATABACKUP
масивів";
            this.Load += new System.EventHandler(this.MainForm_Load);
```

```
            this.FormClosing += new
System.Windows.Forms.FormClosingEventHandler(this.MainForm_FormClosing);
            this.menuStrip.ResumeLayout(false);
            this.menuStrip.PerformLayout();
            this.coderConfigGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.redundancyGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.redundancyGroupBox.PerformLayout();
            this.allVolCountGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.allVolCountGroupBox.PerformLayout();
            this.ResumeLayout(false);
            this.PerformLayout();

        }

        #endregion

        private System.Windows.Forms.MenuStrip menuStrip;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem ToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem ToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.Button protectButton;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem ToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.ToolStripSeparator
separatorToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem ToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.Button repairButton;
        private System.Windows.Forms.Button testButton;
        private System.Windows.Forms.GroupBox coderConfigGroupBox;
        private System.Windows.Forms.GroupBox redundancyGroupBox;
        private System.Windows.Forms.GroupBox allVolCountGroupBox;
        private EConTech.Windows.MACUI.MACTrackBar allVolCountMacTrackBar;
        private EConTech.Windows.MACUI.MACTrackBar redundancyMacTrackBar;
        private System.Windows.Forms.ToolTip toolTip;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem ToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem ToolStripMenuItem;
        internal FileBrowser.Browser browser;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem ToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem ToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.Button recoverButton;
    }
}
```

Файл ProcessForm.cs - вікно створення та перевірки DataBackup масивів

```
namespace RecoveryDisk
{
    partial class ProcessForm
    {
        /// <summary>
                /// </summary>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;

        /// <summary>
        /// Clean up any resources being used.
        /// </summary>
        /// <param name="disposing">true if managed resources should be
disposed; otherwise, false.</param>
        protected override void Dispose(bool disposing)
        {
            if (disposing && (components != null))
            {
                components.Dispose();
            }
            base.Dispose(disposing);
        }

        #region Windows Form Designer generated code

        /// <summary>
        /// Required method for Designer support - do not modify
        /// the contents of this method with the code editor.
        /// </summary>
        private void InitializeComponent()
        {
            this.components = new System.ComponentModel.Container();
            System.ComponentModel.ComponentResourceManager resources = new
System.ComponentModel.ComponentResourceManager(typeof(ProcessForm));
            this.processPriorityGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.processPriorityComboBox = new System.Windows.Forms.ComboBox();
            this.processGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.processProgressBar = new System.Windows.Forms.ProgressBar();
            this.fileAnalyzeStatGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.percOfAltEccLabel = new System.Windows.Forms.Label();
            this.percOfDamageLabel = new System.Windows.Forms.Label();
            this.percOfAltEccLabel_ = new System.Windows.Forms.Label();
            this.percOfDamageLabel_ = new System.Windows.Forms.Label();
            this.logGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.logListBox = new System.Windows.Forms.ListBox();
            this.countGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.errorCountLabel = new System.Windows.Forms.Label();
            this.okCountLabel = new System.Windows.Forms.Label();
            this.errorPictureBox = new System.Windows.Forms.PictureBox();
            this.okPictureBox = new System.Windows.Forms.PictureBox();
            this.errorCountLabel_ = new System.Windows.Forms.Label();
            this.okCountLabel_ = new System.Windows.Forms.Label();
            this.toolTip = new System.Windows.Forms.ToolTip(this.components);
            this.stopButtonXP = new PinkieControls.ButtonXP();
            this.pauseButtonXP = new PinkieControls.ButtonXP();
            this.closingTimer = new System.Windows.Forms.Timer(this.components);
            this.processTimer = new System.Windows.Forms.Timer(this.components);
            this.processPriorityGroupBox.SuspendLayout();
            this.processGroupBox.SuspendLayout();
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.SuspendLayout();
            this.logGroupBox.SuspendLayout();
            this.countGroupBox.SuspendLayout();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.errorPictureBox)).BeginInit();
```

```
((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.okPictureBox)).BeginInit();
            this.SuspendLayout();
            //
            // processPriorityGroupBox
            //

this.processPriorityGroupBox.Controls.Add(this.processPriorityComboBox);
            this.processPriorityGroupBox.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.Flat;
            this.processPriorityGroupBox.Location = new
System.Drawing.Point(617, 216);
            this.processPriorityGroupBox.Name = "processPriorityGroupBox";
            this.processPriorityGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(135,
64);
            this.processPriorityGroupBox.TabIndex = 0;
            this.processPriorityGroupBox.TabStop = false;
            this.processPriorityGroupBox.Text = "Пріоритет процесу";
            //
            // processPriorityComboBox
            //
            this.processPriorityComboBox.BackColor =
System.Drawing.SystemColors.Control;
            this.processPriorityComboBox.DropDownStyle =
System.Windows.Forms.ComboBoxStyle.DropDownList;
            this.processPriorityComboBox.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.Flat;
            this.processPriorityComboBox.FormattingEnabled = true;
            this.processPriorityComboBox.Items.AddRange(new object[] {
            "За замовчуванням",
            "Знижений",
            "Нормальний",
            "Підвищений",
            "Найвищий"});
            this.processPriorityComboBox.Location = new System.Drawing.Point(9,
33);
            this.processPriorityComboBox.Name = "processPriorityComboBox";
            this.processPriorityComboBox.Size = new System.Drawing.Size(117,
21);
            this.processPriorityComboBox.TabIndex = 0;
            this.processPriorityComboBox.TabStop = false;
            this.toolTip.SetToolTip(this.processPriorityComboBox, "Список
можливих значень пріоритету процесу обробки");
            this.processPriorityComboBox.SelectedIndexChanged += new
System.EventHandler(this.processPriorityComboBox_SelectedIndexChanged);
            //
            // processGroupBox
            //
            this.processGroupBox.Controls.Add(this.processProgressBar);
            this.processGroupBox.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.Flat;
            this.processGroupBox.Location = new System.Drawing.Point(12, 9);
            this.processGroupBox.Name = "processGroupBox";
            this.processGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(871, 65);
            this.processGroupBox.TabIndex = 0;
            this.processGroupBox.TabStop = false;
            this.processGroupBox.Text = "Обробка";
            //
            // processProgressBar
            //
            this.processProgressBar.Location = new System.Drawing.Point(14, 30);
            this.processProgressBar.Name = "processProgressBar";
            this.processProgressBar.Size = new System.Drawing.Size(844, 20);
            this.processProgressBar.Style =
System.Windows.Forms.ProgressBarStyle.Continuous;
            this.processProgressBar.TabIndex = 0;
            //
            // fileAnalyzeStatGroupBox
            //
```

```
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.Controls.Add(this.percOfAltEccLabel);
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.Controls.Add(this.percOfDamageLabel);
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.Controls.Add(this.percOfAltEccLabel_);
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.Controls.Add(this.percOfDamageLabel_);
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.Flat;
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.Location = new System.Drawing.Point(12,
216);
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.Name = "fileAnalyzeStatGroupBox";
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(459,
64);
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.TabIndex = 0;
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.TabStop = false;
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.Text = "Результат аналізу цілісності
даних";
            //
            // percOfAltEccLabel
            //
            this.percOfAltEccLabel.AutoSize = true;
            this.percOfAltEccLabel.Location = new System.Drawing.Point(195, 41);
            this.percOfAltEccLabel.Name = "percOfAltEccLabel";
            this.percOfAltEccLabel.Size = new System.Drawing.Size(10, 13);
            this.percOfAltEccLabel.TabIndex = 0;
            this.percOfAltEccLabel.Text = "-";
            //
            // percOfDamageLabel
            //
            this.percOfDamageLabel.AutoSize = true;
            this.percOfDamageLabel.Location = new System.Drawing.Point(195, 20);
            this.percOfDamageLabel.Name = "percOfDamageLabel";
            this.percOfDamageLabel.Size = new System.Drawing.Size(10, 13);
            this.percOfDamageLabel.TabIndex = 0;
            this.percOfDamageLabel.Text = "-";
            //
            // percOfAltEccLabel_
            //
            this.percOfAltEccLabel_.AutoSize = true;
            this.percOfAltEccLabel_.Location = new System.Drawing.Point(7, 41);
            this.percOfAltEccLabel_.Name = "percOfAltEccLabel_";
            this.percOfAltEccLabel_.Size = new System.Drawing.Size(163, 13);
            this.percOfAltEccLabel_.TabIndex = 0;
            this.percOfAltEccLabel_.Text = "Резерв томів для відновлення:";
            //
            // percOfDamageLabel_
            //
            this.percOfDamageLabel_.AutoSize = true;
            this.percOfDamageLabel_.Location = new System.Drawing.Point(7, 20);
            this.percOfDamageLabel_.Name = "percOfDamageLabel_";
            this.percOfDamageLabel_.Size = new System.Drawing.Size(148, 13);
            this.percOfDamageLabel_.TabIndex = 0;
            this.percOfDamageLabel_.Text = "Всього пошкоджених томів:";
            //
            // logGroupBox
            //
            this.logGroupBox.Controls.Add(this.logListBox);
            this.logGroupBox.Location = new System.Drawing.Point(12, 80);
            this.logGroupBox.Name = "logGroupBox";
            this.logGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(871, 130);
            this.logGroupBox.TabIndex = 0;
            this.logGroupBox.TabStop = false;
            this.logGroupBox.Text = "Лог процесу";
            //
            // logListBox
            //
            this.logListBox.BackColor = System.Drawing.SystemColors.Control;
            this.logListBox.BorderStyle = System.Windows.Forms.BorderStyle.None;
            this.logListBox.FormattingEnabled = true;
            this.logListBox.HorizontalScrollbar = true;
            this.logListBox.Location = new System.Drawing.Point(7, 23);
```

```
            this.logListBox.Name = "logListBox";
            this.logListBox.SelectionMode =
System.Windows.Forms.SelectionMode.None;
            this.logListBox.Size = new System.Drawing.Size(851, 91);
            this.logListBox.TabIndex = 0;
            this.logListBox.TabStop = false;
            this.logListBox.UseTabStops = false;
            this.logListBox.SelectedIndexChanged += new
System.EventHandler(this.logListBox_SelectedIndexChanged);
            //
            // countGroupBox
            //
            this.countGroupBox.Controls.Add(this.errorCountLabel);
            this.countGroupBox.Controls.Add(this.okCountLabel);
            this.countGroupBox.Controls.Add(this.errorPictureBox);
            this.countGroupBox.Controls.Add(this.okPictureBox);
            this.countGroupBox.Controls.Add(this.errorCountLabel_);
            this.countGroupBox.Controls.Add(this.okCountLabel_);
            this.countGroupBox.Location = new System.Drawing.Point(482, 216);
            this.countGroupBox.Name = "countGroupBox";
            this.countGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(124, 64);
            this.countGroupBox.TabIndex = 0;
            this.countGroupBox.TabStop = false;
            this.countGroupBox.Text = "Лічільник процесу";
            //
            // errorCountLabel
            //
            this.errorCountLabel.AutoSize = true;
            this.errorCountLabel.Location = new System.Drawing.Point(63, 41);
            this.errorCountLabel.Name = "errorCountLabel";
            this.errorCountLabel.Size = new System.Drawing.Size(13, 13);
            this.errorCountLabel.TabIndex = 0;
            this.errorCountLabel.Text = "0";
            this.toolTip.SetToolTip(this.errorCountLabel, "Лічильник некоректно
оброблених файлів");
            //
            // okCountLabel
            //
            this.okCountLabel.AutoSize = true;
            this.okCountLabel.Location = new System.Drawing.Point(63, 20);
            this.okCountLabel.Name = "okCountLabel";
            this.okCountLabel.Size = new System.Drawing.Size(13, 13);
            this.okCountLabel.TabIndex = 0;
            this.okCountLabel.Text = "0";
            this.toolTip.SetToolTip(this.okCountLabel, "Лічильник коректно
оброблених файлів");
            //
            // errorPictureBox
            //
            this.errorPictureBox.Image =
((System.Drawing.Image)(resources.GetObject("errorPictureBox.Image")));
            this.errorPictureBox.Location = new System.Drawing.Point(10, 40);
            this.errorPictureBox.Name = "errorPictureBox";
            this.errorPictureBox.Size = new System.Drawing.Size(21, 15);
            this.errorPictureBox.TabIndex = 2;
            this.errorPictureBox.TabStop = false;
            //
            // okPictureBox
            //
            this.okPictureBox.Image =
((System.Drawing.Image)(resources.GetObject("okPictureBox.Image")));
            this.okPictureBox.Location = new System.Drawing.Point(10, 19);
            this.okPictureBox.Name = "okPictureBox";
            this.okPictureBox.Size = new System.Drawing.Size(21, 15);
            this.okPictureBox.TabIndex = 1;
            this.okPictureBox.TabStop = false;
            //
            // errorCountLabel_
            //
```

```
            this.errorCountLabel_.AutoSize = true;
            this.errorCountLabel_.Location = new System.Drawing.Point(28, 41);
            this.errorCountLabel_.Name = "errorCountLabel_";
            this.errorCountLabel_.Size = new System.Drawing.Size(35, 13);
            this.errorCountLabel_.TabIndex = 0;
            this.errorCountLabel_.Text = "Error :";
            this.toolTip.SetToolTip(this.errorCountLabel_, "Лічильник некоректно
оброблених файлів");
            //
            // okCountLabel_
            //
            this.okCountLabel_.AutoSize = true;
            this.okCountLabel_.Location = new System.Drawing.Point(28, 20);
            this.okCountLabel_.Name = "okCountLabel_";
            this.okCountLabel_.Size = new System.Drawing.Size(28, 13);
            this.okCountLabel_.TabIndex = 0;
            this.okCountLabel_.Text = "OK :";
            this.toolTip.SetToolTip(this.okCountLabel_, "Лічильник коректно
оброблених файлів");
            //
            // toolTip
            //
            this.toolTip.AutomaticDelay = 2000;
            this.toolTip.AutoPopDelay = 20000;
            this.toolTip.InitialDelay = 2000;
            this.toolTip.ReshowDelay = 1000;
            //
            // stopButtonXP
            //
            this.stopButtonXP.BackColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(0)))), ((int)(((byte)(236)))),
((int)(((byte)(233)))), ((int)(((byte)(216)))));
            this.stopButtonXP.DefaultScheme = true;
            this.stopButtonXP.DialogResult =
System.Windows.Forms.DialogResult.None;
            this.stopButtonXP.Hint = "";
            this.stopButtonXP.Location = new System.Drawing.Point(762, 257);
            this.stopButtonXP.Name = "stopButtonXP";
            this.stopButtonXP.Scheme = PinkieControls.ButtonXP.Schemes.Blue;
            this.stopButtonXP.Size = new System.Drawing.Size(121, 23);
            this.stopButtonXP.TabIndex = 2;
            this.stopButtonXP.Text = "Перервати обробку";
            this.toolTip.SetToolTip(this.stopButtonXP, "Припинення обробки
файлів із закриттям даного вікна");
            this.stopButtonXP.Click += new
System.EventHandler(this.stopButtonXP_Click);
            //
            // pauseButtonXP
            //
            this.pauseButtonXP.BackColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(0)))), ((int)(((byte)(236)))),
((int)(((byte)(233)))), ((int)(((byte)(216)))));
            this.pauseButtonXP.DefaultScheme = true;
            this.pauseButtonXP.DialogResult =
System.Windows.Forms.DialogResult.None;
            this.pauseButtonXP.Hint = "";
            this.pauseButtonXP.Location = new System.Drawing.Point(762, 220);
            this.pauseButtonXP.Name = "pauseButtonXP";
            this.pauseButtonXP.Scheme = PinkieControls.ButtonXP.Schemes.Blue;
            this.pauseButtonXP.Size = new System.Drawing.Size(121, 23);
            this.pauseButtonXP.TabIndex = 1;
            this.pauseButtonXP.Text = "Пауза";
            this.toolTip.SetToolTip(this.pauseButtonXP, "Постановка/зняття
процесу обробки з паузи");
            this.pauseButtonXP.Click += new
System.EventHandler(this.pauseButtonXP_Click);
            //
            // closingTimer
            //
```

```
            this.closingTimer.Tick += new
System.EventHandler(this.closingTimer_Tick);
            //
            // processTimer
            //
            this.processTimer.Interval = 500;
            this.processTimer.Tick += new
System.EventHandler(this.processTimer_Tick);
            //
            // ProcessForm
            //
            this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.Size(6F, 13F);
            this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
            this.ClientSize = new System.Drawing.Size(894, 292);
            this.ControlBox = false;
            this.Controls.Add(this.stopButtonXP);
            this.Controls.Add(this.pauseButtonXP);
            this.Controls.Add(this.countGroupBox);
            this.Controls.Add(this.processPriorityGroupBox);
            this.Controls.Add(this.logGroupBox);
            this.Controls.Add(this.fileAnalyzeStatGroupBox);
            this.Controls.Add(this.processGroupBox);
            this.DoubleBuffered = true;
            this.FormBorderStyle =
System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedDialog;
            this.Icon =
((System.Drawing.Icon)(resources.GetObject("$this.Icon")));
            this.MaximizeBox = false;
            this.MinimizeBox = false;
            this.Name = "ProcessForm";
            this.ShowInTaskbar = false;
            this.StartPosition =
System.Windows.Forms.FormStartPosition.CenterScreen;
            this.Text = "Обробка файлу";
            this.Load += new System.EventHandler(this.ProcessForm_Load);
            this.processPriorityGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.processGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.fileAnalyzeStatGroupBox.PerformLayout();
            this.logGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.countGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.countGroupBox.PerformLayout();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.errorPictureBox)).EndInit();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.okPictureBox)).EndInit();
            this.ResumeLayout(false);

        }

        #endregion

        private System.Windows.Forms.GroupBox processPriorityGroupBox;
        private System.Windows.Forms.GroupBox processGroupBox;
        private System.Windows.Forms.ProgressBar processProgressBar;
        private System.Windows.Forms.GroupBox fileAnalyzeStatGroupBox;
        private System.Windows.Forms.Label percOfDamageLabel_;
        private System.Windows.Forms.Label percOfAltEccLabel_;
        private System.Windows.Forms.GroupBox logGroupBox;
        private System.Windows.Forms.GroupBox countGroupBox;
        private System.Windows.Forms.Label errorCountLabel_;
        private System.Windows.Forms.Label okCountLabel_;
        private System.Windows.Forms.ListBox logListBox;
        private System.Windows.Forms.ComboBox processPriorityComboBox;
        private System.Windows.Forms.PictureBox errorPictureBox;
        private System.Windows.Forms.PictureBox okPictureBox;
        private System.Windows.Forms.Label errorCountLabel;
        private System.Windows.Forms.Label okCountLabel;
        private System.Windows.Forms.ToolTip toolTip;
```

```
        private System.Windows.Forms.Timer closingTimer;
        private System.Windows.Forms.Label percOfAltEccLabel;
        private System.Windows.Forms.Label percOfDamageLabel;
        private PinkieControls.ButtonXP pauseButtonXP;
        private PinkieControls.ButtonXP stopButtonXP;
        private System.Windows.Forms.Timer processTimer;
    }
}
```

Файл BenchmarkForm.cs - вікно тестування швидкодії алгоритму

```
      namespace RecoveryDisk
{
    partial class BenchmarkForm
    {
        /// <summary>
        /// Required designer variable.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;

        /// <summary>
        /// Clean up any resources being used.
        /// </summary>
        /// <param name="disposing">true if managed resources should be
disposed; otherwise, false.</param>
        protected override void Dispose(bool disposing)
        {
            if (disposing && (components != null))
            {
                components.Dispose();
            }
            base.Dispose(disposing);
        }

        #region Windows Form Designer generated code

        /// <summary>
        /// Required method for Designer support - do not modify
        /// the contents of this method with the code editor.
        /// </summary>
        private void InitializeComponent()
        {
            this.components = new System.ComponentModel.Container();
            this.coderConfigGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.eccCountLabel = new System.Windows.Forms.Label();
            this.dataCountLabel = new System.Windows.Forms.Label();
            this.eccCountLabel_ = new System.Windows.Forms.Label();
            this.dataCountLabel_ = new System.Windows.Forms.Label();
            this.coderSpeedGroupBox = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.processedDataCountLabel = new System.Windows.Forms.Label();
            this.processedDataCountLabel_ = new System.Windows.Forms.Label();
            this.timeInTestLabel = new System.Windows.Forms.Label();
            this.timeInTestLabel_ = new System.Windows.Forms.Label();
            this.benchmarkTimer = new
System.Windows.Forms.Timer(this.components);
            this.toolTip = new System.Windows.Forms.ToolTip(this.components);
            this.pauseButtonXP = new PinkieControls.ButtonXP();
            this.closeButtonXP = new PinkieControls.ButtonXP();
            this.closingTimer = new System.Windows.Forms.Timer(this.components);
            this.coderConfigGroupBox.SuspendLayout();
            this.coderSpeedGroupBox.SuspendLayout();
            this.SuspendLayout();
            //
            // coderConfigGroupBox
            //
            this.coderConfigGroupBox.Controls.Add(this.eccCountLabel);
            this.coderConfigGroupBox.Controls.Add(this.dataCountLabel);
            this.coderConfigGroupBox.Controls.Add(this.eccCountLabel_);
            this.coderConfigGroupBox.Controls.Add(this.dataCountLabel_);
            this.coderConfigGroupBox.Location = new System.Drawing.Point(12,
90);
            this.coderConfigGroupBox.Name = "coderConfigGroupBox";
            this.coderConfigGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(212, 72);
            this.coderConfigGroupBox.TabIndex = 0;
            this.coderConfigGroupBox.TabStop = false;
```

```
            this.coderConfigGroupBox.Text = "Конфігурація кодера";
            //
            // eccCountLabel
            //
            this.eccCountLabel.AutoSize = true;
            this.eccCountLabel.Location = new System.Drawing.Point(161, 47);
            this.eccCountLabel.Name = "eccCountLabel";
            this.eccCountLabel.Size = new System.Drawing.Size(37, 13);
            this.eccCountLabel.TabIndex = 0;
            this.eccCountLabel.Text = "65535";
            //
            // dataCountLabel
            //
            this.dataCountLabel.AutoSize = true;
            this.dataCountLabel.Location = new System.Drawing.Point(161, 25);
            this.dataCountLabel.Name = "dataCountLabel";
            this.dataCountLabel.Size = new System.Drawing.Size(37, 13);
            this.dataCountLabel.TabIndex = 0;
            this.dataCountLabel.Text = "65535";
            //
            // eccCountLabel_
            //
            this.eccCountLabel_.AutoSize = true;
            this.eccCountLabel_.Location = new System.Drawing.Point(11, 47);
            this.eccCountLabel_.Name = "eccCountLabel_";
            this.eccCountLabel_.Size = new System.Drawing.Size(125, 13);
            this.eccCountLabel_.TabIndex = 0;
            this.eccCountLabel_.Text = "Томів для відновлення:";
            //
            // dataCountLabel_
            //
            this.dataCountLabel_.AutoSize = true;
            this.dataCountLabel_.Location = new System.Drawing.Point(11, 25);
            this.dataCountLabel_.Name = "dataCountLabel_";
            this.dataCountLabel_.Size = new System.Drawing.Size(89, 13);
            this.dataCountLabel_.TabIndex = 0;
            this.dataCountLabel_.Text = "Основних томів:";
            //
            // coderSpeedGroupBox
            //
            this.coderSpeedGroupBox.Controls.Add(this.processedDataCountLabel);
            this.coderSpeedGroupBox.Controls.Add(this.processedDataCountLabel_);
            this.coderSpeedGroupBox.Controls.Add(this.timeInTestLabel);
            this.coderSpeedGroupBox.Controls.Add(this.timeInTestLabel_);
            this.coderSpeedGroupBox.Location = new System.Drawing.Point(12, 9);
            this.coderSpeedGroupBox.Name = "coderSpeedGroupBox";
            this.coderSpeedGroupBox.Size = new System.Drawing.Size(212, 72);
            this.coderSpeedGroupBox.TabIndex = 0;
            this.coderSpeedGroupBox.TabStop = false;
            this.coderSpeedGroupBox.Text = "Швидкість: - Мбайт/з";
            this.coderSpeedGroupBox.Enter += new
System.EventHandler(this.coderSpeedGroupBox_Enter);
            //
            // processedDataCountLabel
            //
            this.processedDataCountLabel.AutoSize = true;
            this.processedDataCountLabel.Location = new System.Drawing.Point(55,
47);
            this.processedDataCountLabel.Name = "processedDataCountLabel";
            this.processedDataCountLabel.Size = new System.Drawing.Size(10, 13);
            this.processedDataCountLabel.TabIndex = 0;
            this.processedDataCountLabel.Text = "-";
            //
            // processedDataCountLabel_
            //
            this.processedDataCountLabel_.AutoSize = true;
            this.processedDataCountLabel_.Location = new
System.Drawing.Point(11, 47);
            this.processedDataCountLabel_.Name = "processedDataCountLabel_";
```

```
            this.processedDataCountLabel_.Size = new System.Drawing.Size(40,
13);
            this.processedDataCountLabel_.TabIndex = 0;
            this.processedDataCountLabel_.Text = "Про\'єм:";
            //
            // timeInTestLabel
            //
            this.timeInTestLabel.AutoSize = true;
            this.timeInTestLabel.Location = new System.Drawing.Point(55, 25);
            this.timeInTestLabel.Name = "timeInTestLabel";
            this.timeInTestLabel.Size = new System.Drawing.Size(10, 13);
            this.timeInTestLabel.TabIndex = 0;
            this.timeInTestLabel.Text = "-";
            //
            // timeInTestLabel_
            //
            this.timeInTestLabel_.AutoSize = true;
            this.timeInTestLabel_.Location = new System.Drawing.Point(11, 25);
            this.timeInTestLabel_.Name = "timeInTestLabel_";
            this.timeInTestLabel_.Size = new System.Drawing.Size(30, 13);
            this.timeInTestLabel_.TabIndex = 0;
            this.timeInTestLabel_.Text = "Година:";
            //
            // benchmarkTimer
            //
            this.benchmarkTimer.Interval = 1000;
            this.benchmarkTimer.Tick += new
System.EventHandler(this.BenchmarkTimer_Tick);
            //
            // toolTip
            //
            this.toolTip.AutomaticDelay = 2000;
            this.toolTip.AutoPopDelay = 20000;
            this.toolTip.InitialDelay = 2000;
            this.toolTip.ReshowDelay = 1000;
            //
            // pauseButtonXP
            //
            this.pauseButtonXP.BackColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(0)))), ((int)(((byte)(236)))),
((int)(((byte)(233)))), ((int)(((byte)(216)))));
            this.pauseButtonXP.DefaultScheme = true;
            this.pauseButtonXP.DialogResult =
System.Windows.Forms.DialogResult.None;
            this.pauseButtonXP.Hint = "";
            this.pauseButtonXP.Location = new System.Drawing.Point(12, 175);
            this.pauseButtonXP.Name = "pauseButtonXP";
            this.pauseButtonXP.Scheme = PinkieControls.ButtonXP.Schemes.Blue;
            this.pauseButtonXP.Size = new System.Drawing.Size(101, 23);
            this.pauseButtonXP.TabIndex = 0;
            this.pauseButtonXP.Text = "Пауза";
            this.toolTip.SetToolTip(this.pauseButtonXP, "Постановка/зняття
процесу тестування продуктивності з паузи");
            this.pauseButtonXP.Click += new
System.EventHandler(this.pauseButtonXP_Click);
            //
            // closeButtonXP
            //
            this.closeButtonXP.BackColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(0)))), ((int)(((byte)(236)))),
((int)(((byte)(233)))), ((int)(((byte)(216)))));
            this.closeButtonXP.DefaultScheme = true;
            this.closeButtonXP.DialogResult =
System.Windows.Forms.DialogResult.None;
            this.closeButtonXP.Hint = "";
            this.closeButtonXP.Location = new System.Drawing.Point(123, 175);
            this.closeButtonXP.Name = "closeButtonXP";
            this.closeButtonXP.Scheme = PinkieControls.ButtonXP.Schemes.Blue;
            this.closeButtonXP.Size = new System.Drawing.Size(101, 23);
```

```
            this.closeButtonXP.TabIndex = 1;
            this.closeButtonXP.Text = "Закрити";
            this.toolTip.SetToolTip(this.closeButtonXP, "Припинення тестування
продуктивності із закриттям даного вікна");
            this.closeButtonXP.Click += new
System.EventHandler(this.closeButtonXP_Click);
            //
            // closingTimer
            //
            this.closingTimer.Tick += new
System.EventHandler(this.closingTimer_Tick);
            //
            // BenchmarkForm
            //
            this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.Size(6F, 13F);
            this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
            this.ClientSize = new System.Drawing.Size(236, 210);
            this.ControlBox = false;
            this.Controls.Add(this.pauseButtonXP);
            this.Controls.Add(this.closeButtonXP);
            this.Controls.Add(this.coderSpeedGroupBox);
            this.Controls.Add(this.coderConfigGroupBox);
            this.DoubleBuffered = true;
            this.FormBorderStyle =
System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedDialog;
            this.MaximizeBox = false;
            this.MinimizeBox = false;
            this.Name = "BenchmarkForm";
            this.ShowIcon = false;
            this.ShowInTaskbar = false;
            this.StartPosition =
System.Windows.Forms.FormStartPosition.CenterParent;
            this.Text = "Підготовка";
            this.Load += new System.EventHandler(this.BenchmarkForm_Load);
            this.coderConfigGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.coderConfigGroupBox.PerformLayout();
            this.coderSpeedGroupBox.ResumeLayout(false);
            this.coderSpeedGroupBox.PerformLayout();
            this.ResumeLayout(false);

        }

        #endregion

        private System.Windows.Forms.GroupBox coderConfigGroupBox;
        private System.Windows.Forms.Label dataCountLabel_;
        private System.Windows.Forms.Label eccCountLabel_;
        private System.Windows.Forms.Label eccCountLabel;
        private System.Windows.Forms.Label dataCountLabel;
        private System.Windows.Forms.GroupBox coderSpeedGroupBox;
        private System.Windows.Forms.Label timeInTestLabel_;
        private System.Windows.Forms.Label timeInTestLabel;
        private System.Windows.Forms.Label processedDataCountLabel;
        private System.Windows.Forms.Label processedDataCountLabel_;
        private System.Windows.Forms.Timer benchmarkTimer;
        private PinkieControls.ButtonXP closeButtonXP;
        private PinkieControls.ButtonXP pauseButtonXP;
        private System.Windows.Forms.ToolTip toolTip;
        private System.Windows.Forms.Timer closingTimer;
    }
}
```

Файл About.cs - вікно довідки про програму

```
namespace RecoveryStar
{
    partial class AboutForm
    {
        /// <summary>
        /// Required designer variable.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;

        /// <summary>
        /// Clean up any resources being used.
        /// </summary>
        /// <param name="disposing">true if managed resources should be
disposed; otherwise, false.</param>
        protected override void Dispose(bool disposing)
        {
            if (disposing && (components != null))
            {
                components.Dispose();
            }
            base.Dispose(disposing);
        }

        #region Windows Form Designer generated code

        /// <summary>
        /// Required method for Designer support - do not modify
        /// the contents of this method with the code editor.
        /// </summary>
        private void InitializeComponent()
        {
            this.components = new System.ComponentModel.Container();
            this.developersListBoxdevelopersListBox = new
System.Windows.Forms.ListBox();
            this.RSIconTimer = new System.Windows.Forms.Timer(this.components);
            this.okButtonXP = new PinkieControls.ButtonXP();
            this.SuspendLayout();
            //
            // developersListBoxdevelopersListBox
            //
            this.developersListBoxdevelopersListBox.BackColor =
System.Drawing.SystemColors.Control;
            this.developersListBoxdevelopersListBox.BorderStyle =
System.Windows.Forms.BorderStyle.None;
            this.developersListBoxdevelopersListBox.FormattingEnabled = true;
            this.developersListBoxdevelopersListBox.Items.AddRange(new object[]
{
            "ДИПЛОМНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА",
            "",
            "На тему:",
            "",
            "Програмне забезпечення системи автоматизованого ",
            " резервного копіювання даних ",
            "",
            "",
            "Керівник: Усік П.С.",
            "",
            "Розробив: студент Яценко Владислав Олександрович",
            "                  гр. КІ-21-1    ",
            "",
            "м. Кропивницький 2025"});
            this.developersListBoxdevelopersListBox.Location = new
System.Drawing.Point(11, 6);
            this.developersListBoxdevelopersListBox.Name =
"developersListBoxdevelopersListBox";
```

```
            this.developersListBoxdevelopersListBox.SelectionMode =
System.Windows.Forms.SelectionMode.None;
            this.developersListBoxdevelopersListBox.Size = new
System.Drawing.Size(330, 182);
            this.developersListBoxdevelopersListBox.TabIndex = 0;
            this.developersListBoxdevelopersListBox.TabStop = false;
            this.developersListBoxdevelopersListBox.SelectedIndexChanged += new
System.EventHandler(this.developersListBoxdevelopersListBox_SelectedIndexChanged
);
            //
            // RSIconTimer
            //
            this.RSIconTimer.Interval = 40;
            this.RSIconTimer.Tick += new
System.EventHandler(this.RSIconTimer_Tick);
            //
            // okButtonXP
            //
            this.okButtonXP.BackColor =
System.Drawing.Color.FromArgb(((int)(((byte)(0)))), ((int)(((byte)(236)))),
((int)(((byte)(233)))), ((int)(((byte)(216)))));
            this.okButtonXP.DefaultScheme = true;
            this.okButtonXP.DialogResult =
System.Windows.Forms.DialogResult.None;
            this.okButtonXP.Hint = "";
            this.okButtonXP.Location = new System.Drawing.Point(266, 177);
            this.okButtonXP.Name = "okButtonXP";
            this.okButtonXP.Scheme = PinkieControls.ButtonXP.Schemes.Blue;
            this.okButtonXP.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
            this.okButtonXP.TabIndex = 0;
            this.okButtonXP.Text = "OK";
            this.okButtonXP.Click += new
System.EventHandler(this.okButtonXP_Click);
            //
            // AboutForm
            //
            this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
            this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
            this.ClientSize = new System.Drawing.Size(350, 212);
            this.Controls.Add(this.okButtonXP);
            this.Controls.Add(this.developersListBoxdevelopersListBox);
            this.FormBorderStyle =
System.Windows.Forms.FormBorderStyle.FixedDialog;
            this.MaximizeBox = false;
            this.MinimizeBox = false;
            this.Name = "AboutForm";
            this.ShowInTaskbar = false;
            this.StartPosition =
System.Windows.Forms.FormStartPosition.CenterParent;
            this.Text = "Про програму...";
            this.Load += new System.EventHandler(this.AboutForm_Load);
            this.FormClosing += new
System.Windows.Forms.FormClosingEventHandler(this.AboutForm_FormClosing);
            this.ResumeLayout(false);

        }

        #endregion

        private System.Windows.Forms.ListBox developersListBoxdevelopersListBox;
        private System.Windows.Forms.Timer RSIconTimer;
        private PinkieControls.ButtonXP okButtonXP;

    }
}
```