

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-55

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КС.55.19.000.ДП**

***САМОЛИГИ
ДМИТРА МАКСИМОВИЧА***

**м. Одеса
2022 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-55

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи) на тему:

Розробка програмно-апаратних засобів на базі рентгенівського симулятора для реконструктивної томографії

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 67 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 14 аркушах (слайдах).

Дипломник _____ (Самолига Д.М.)

Керівник _____ (Кіреєв І.А.)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Копайгородська Т.Г.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

з дотримання вимог ЄСКД _____ (Петрашова В.І.)

старший консультант _____ (Скорнякова О.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії _____ (Скорнякова О.В.)

Завідувач відділення _____ (Суліма Ю.Ю.)

Захист « ____ » _____ 2022 р. Протокол ДКК № _____

Оцінка ДКК _____

Секретар ДКК _____

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та Ш
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР _____
Беркань І.В.
“ _____ ” _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу)

Здобувачеві (здобувачці) освіти Самолигі Дмитру Максимовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка програмно-апаратних засобів на базі рентгенівського симулятора для реконструктивної томографії

затверджена наказом по коледжу від “ _____ ” _____ 2022 р. № _____

2. Термін здачі закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні данні до проекту (роботи) _____

1. Характеристики та специфікації рентгенівського симулятора;
2. Використовувати USB-порт ПК для зв'язку із симулятором;
3. Час одного повного повороту сканера симулятора – не більше 45 секунд;
4. Напруга живлення пристрою сполучення – не більше 15 В;
5. Програмне забезпечення симулятора має бути сумісним з ОС сімейства Windows.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

Постановка проблеми та шляхи їх вирішення; Розробка структурної схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятора з ПК; Розробка принципової електричної схеми пристрою сполучення; Розробка блок-схеми алгоритму роботи симулятора; Реалізація обміну даними з АЦП; Запуск і зупинка ПЗ для захоплення відеопослідовності; Налаштування симулятора за допомогою ПЗ; Робота з програмним забезпеченням симулятора; Відновлення тривимірного зображення

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)
Принципи сканування в томографічних системах; Структурна схема апаратної частини пристрою сполучення; Функціональна схема АЦП AD571; Двосторонній обмежувач рівня для захисту АЦП; Схема перетворення вхідного сигналу; Принципова електрична схема пристрою сполучення; Узагальнена блок-схема алгоритму роботи програмного забезпечення симулятора; Схема обробки даних рентгенівського симулятора; Інтерфейс застосунку для керування симулятором; Структурна схема відновлення тривимірного зображення; Приклади реконструкції зображень, отриманих рентгенівським симулятором

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1.Технологічний розділ	Кіреєв І.А.		
2.Екон. частина	Копайгородська Т.Г.		
3.Охорона праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник Кіреєв І.А. _____
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	5.05.2022	
2.	Аналіз предметної галузі. Обґрунтування розробки	7.05.2022	
3.	Аналіз технічного завдання	9.05.2022	
4.	Розробка структурної схеми пристрою сполучення	11.05.2022	
5.	Вибір способу вводу цифрового сигналу в ПК	13.05.2022	
6.	Аналіз роботи рентгенівських симуляторів	16.05.2022	
7.	Вибір аналого-цифрового перетворювача	18.05.2022	
8.	Обмеження рівня вхідного аналогового сигналу	20.05.2022	
9.	Розробка заходів захисту АЦП	23.05.2022	
10.	Розробка схеми принципової електричної пристрою сполучення з ПК	27.05.2022	
11.	Розробка програмного забезпечення для симулятора	30.05.2022	
12.	Техніко-економічне обґрунтування розробки	3.06.2022	
13.	Розробка заходів техніки безпеки при роботі з пристроєм	6.06.2022	
14.	Підготовка графічної частини проекту та презентації	8.06.2022	
15.	Підготовка до захисту та складання доповіді	10.06.2022	

Дипломник _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Технологічний розділ.....	7
1.1 Постановка проблеми та шляхи її вирішення.....	7
1.2 Розробка структурної схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятора з ПК.....	12
1.3 Розробка принципової електричної схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятора з ПК.....	15
1.3.1 Включення аналого-цифрового перетворювача.....	15
1.3.2 Обмеження рівня вхідного аналогового сигналу.....	23
1.3.3 Узгодження вхідного сигналу.....	28
1.3.4 Захист АЦП.....	33
1.3.5 Проектування джерела живлення і пристрою індикації.....	34
1.4 Розробка блок-схеми алгоритму роботи симулятора.....	36
1.5 Реалізація обміну даними з АЦП.....	38
1.6 Запуск і зупинка ПЗ для захоплення відеопослідовності.....	39
1.7 Налаштування симулятора за допомогою ПЗ.....	40
1.8 Робота з програмним забезпеченням симулятора.....	44
1.9 Відновлення тривимірного зображення.....	45
2 Економічна частина.....	48
3 Охорона праці.....	53
Висновки.....	58
Перелік використаних джерел.....	59
Додаток А. Текст програми прийняття даних з АЦП (на мові Асемблера).....	60
Додаток Б. Фрагмент тексту програми для керування симулятором (Embarcadero RAD Studio Delphi).....	63
Додаток В. Приклади реконструкції зображень, отриманих рентгенівським симулятором.....	66

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	стор.
Зл.	Арк.	№ розд.	Підс.	Дата		3

ВСТУП

В сучасних медичних дослідженнях дуже широко використовуються комп'ютерні томографи. За їх допомогою можна отримати поперемну комп'ютерну томографію зображення. Це зображення має цілий ряд переваг, включаючи можливість його реконструкції в потрібній проекції, а також високу здібність до передачі низькоконтрастних об'єктів, яка в комп'ютерних томографіях значно вище, ніж в інших методах побудови рентгенівського зображення.

Недоліком комп'ютерних томографів є їх висока вартість. Проте, існує можливість отримання реконструйованого зображення аналогічного комп'ютерній томографії за допомогою рентгенівського симулятора для планування променевої терапії, який має деяку схожість з томографом (довкола тіла пацієнта обертається джерело і приймач рентгенівського випромінювання).

Рентгенівські симулятори знаходять вживання в лікувальних установах, що займаються лікуванням онкозахворювань. Для використання симулятора в якості томографу необхідно при обертанні випромінювача і приймача (що знаходяться на протилежних сторонах) довкола об'єкту, безперервно записувати отримуване зображення в пам'ять комп'ютера. Далі, з її допомогою, шляхом застосування спеціальних алгоритмів, можна отримати зображення аналогічне тому, яке отримувуть за допомогою комп'ютерних томографів. Тут виникає задача запуску і зупинки програмного забезпечення, що захоплює відео-послідовність при досягненні симулятором певних кутів повороту.

Саме сполучення рентгенівського симулятора з комп'ютером для рішення задачі реконструктивної томографії і є метою даної роботи.

У дипломному проекті будуть запропоновані методи рішення проблеми аналізу і обробки даних від рентгенівського симулятора на прикладі Philips SL 5-9 для його використання у якості томографу. Для цього необхідно розробити програмно-апаратні засоби, які дозволять застосовувати зрештований рентгенівський симулятор для реконструктивної томографії.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зл	Арк	№ розд	Пісн	Дата		б

І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Постановка проблеми та шляхи її вирішення

Рентгенівський симулятор є апаратом для визначення величини і положення (орієнтації і віддалення від випромінювача) області опромінення, а також маркування цієї області на тілі пацієнта при плануванні променевої терапії, що проводиться далі на потужних апаратах з використанням радіоізотопів і прискорювачів часток. Симулятор є також засобом контролю змін вогнища захворювання в результаті опромінь. На підставі даних цього контролю лікар приймає рішення про зміну параметрів опромінення при подальшому лікуванні.

Зокрема, симулятор Philips SLS дозволяє точно визначати місце локалізації пухлини в тілі пацієнта. Цей симулятор призначений для проведення радіографії, рентгеноскопії, телетерапії. Симулятор включає: стіл для пацієнта, гантри – П-образну дугу із закріпленнями на її протилежних кінцях рентгенівським випромінювачем і приймачем зображення, пульта керування, монітори для спостереження за дослідженнями. Узагальнена схема основних вузлів симулятора SLS показана на рис. 1.1. В якості приймача рентгенівського зображення в симуляторі використовується рентгенівський електронно-оптичний перетворювач (РЕОП). Він представляє собою електровакуумний прилад, усередині якого вхідний екран перетворює рентгенівське зображення у видиме з подальшим посиленням його яскравості електронно-оптичною системою. У РЕОП рентгенівський екран знаходиться в оптичному контакті з фотокатодом усередині вакуумної колби. У ній відбувається потрібне перетворення зображення:

1. Рентгенівське зображення перетворюється в світлове вхідним люмінесцентним екраном, розміщеним у вакуумній колбі;
2. Світлове зображення через тонку прозору перегородку переноситься на фотокатод, де воно перетворюється в електронне;
3. Після прискорення в електричному полі і електростатичного

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зл.	Арк.	№ розг.	Підп.	Дата		7

фокусування електродами електрони утворюють сфокусоване зменшене зображення в площині катодо-люмінесцентного екрану, де знов виникає світлове зображення. Далі зображення фіксується відеокамерою і видається на монітор.

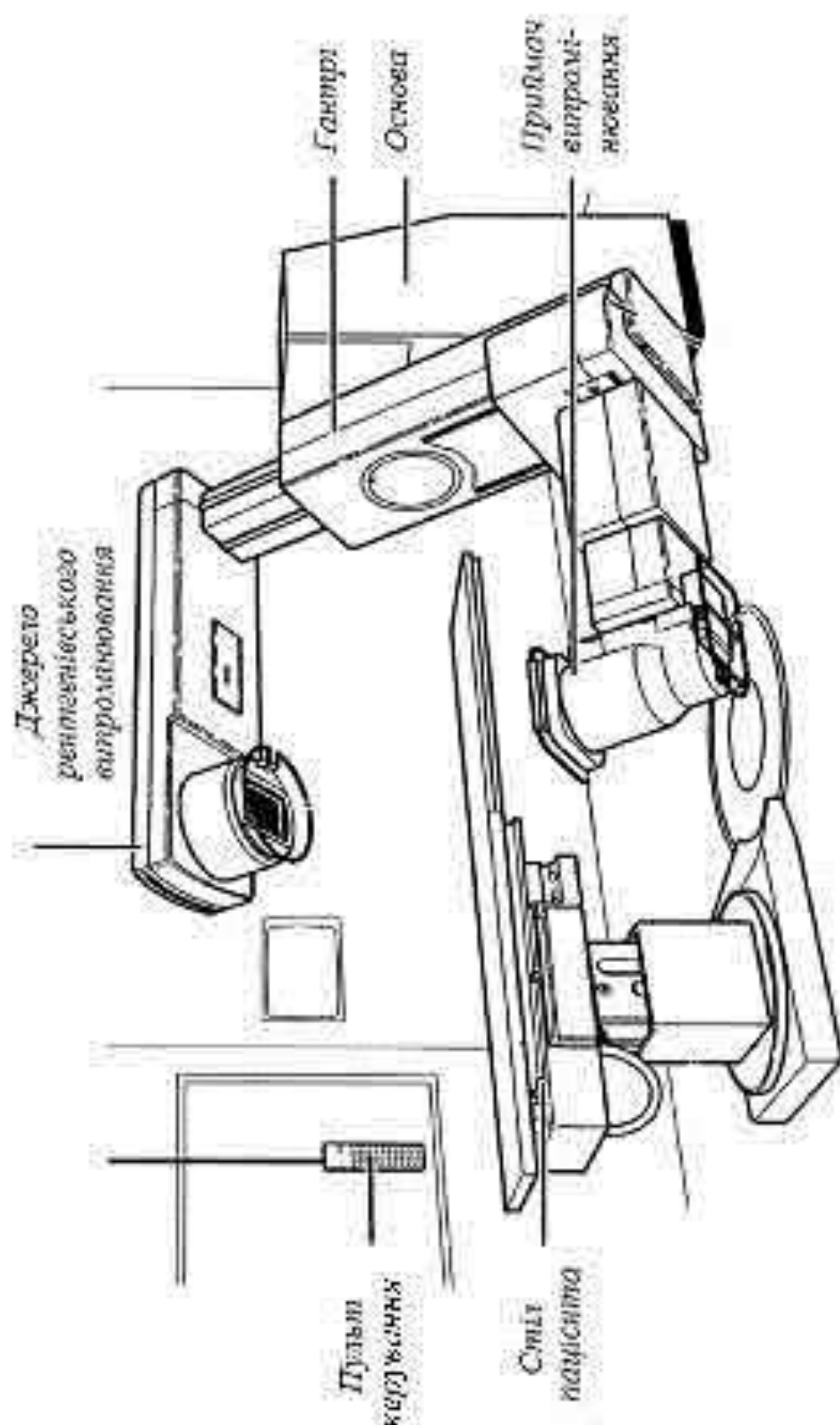


Рисунок 1.1. Симулятор PHILIPS SLS-9

Зм.	Арк.	№ розд.	Підп.	Дата

КС 55.19 000.00 ДП ПЗ

ЛРС
2

Як відомо, за допомогою комп'ютерної томографії (КТ) можна вимірювати площинні перетини тіла; при цьому рентгенівське випромінювання проходить крізь цей перетин лише в тих напрямках, які лежать усереднінього і паралельні цьому перетинку. Жодна частина тіла, розташована поза даним перетином, не взаємодіє з рентгенівським пучком, і тим самим знімається проблема, характерна для звичайної рентгенографії – проблема накладення паразитних зображень від різних глибин [2]. Рентгенівське зображення, що отримується за допомогою комп'ютерної томографії, є зображенням деякого зрізу (зазвичай завтовшки в декілька міліметрів).

Комп'ютерні томографи створюють цифрове зображення шляхом вимірювання інтенсивності рентгенівських променів, що пройшли через тіло під час обертання рентгенівської трубки докола пацієнта. Коефіцієнт поглинання віялового пучка рентгенівських променів в об'єкті вимірюється за допомогою набору з декількох сотень до декількох тисяч рентгенівських детекторів (зазвичай твердо-кристалінних). Детектори збирають інформацію в кожній з проєкцій, яка потім оцифрується і аналізується комп'ютером. На основі отриманих даних комп'ютер реконструює поперечну комп'ютерну томографію зображення. Це зображення має цілий ряд переваг, включаючи можливість його реконструкції в потрібній проєкції, а також високу здібність до передачі низькоконтрастних об'єктів, яка в комп'ютерних томографіях значно вище, ніж в інших методах побудови рентгенівського зображення. Отримані за допомогою комп'ютерної томографії знімки відображують анатомічну структуру об'єкту в даному перетині з просторовою роздільною здатністю близько 1 мм. і роздільною здатністю по ширині стікраще 1%.

В даний час розроблена велика кількість ефективних алгоритмів, що дозволяють на швидкодіючих комп'ютерах отримувати томограми по проєкціях $f(\rho, \theta)$ і реалізованих на комерційних комп'ютерних томографах.

Відомі системи томографії чотирьох конструктивних різновидів, поколінь. Вони відрізняються один від одного характером руху пристрою «випромінювач – детектори» при скануванні, видом пучка випромінювання, типом і числом

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	стор.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

детекторів. Основна мета вдосконалення сканувальних систем – зменшення часу дослідження і збільшення інформаційних параметрів. Принципи сканування в системах чотирьох поколінь показані на рис. 1.2.

Попри всі переваги, до основних недоліків комп'ютерних томографів можна віднести їх високу вартість. Проте, існує можливість отримання реконструкції зображення, аналогічного комп'ютерній томограмі, за допомогою рентгенівського симулятора, призначеного для планування променевої терапії, який має дежку схожій з томографом (на спільному мажінку докола тіла пацієнта обертається гантрі, джерело і приймач рентгенівського випромінювання). Тобто в принципі існує можливість використовувати, наприклад, дешевий і помірний симулятор в якості томографу.

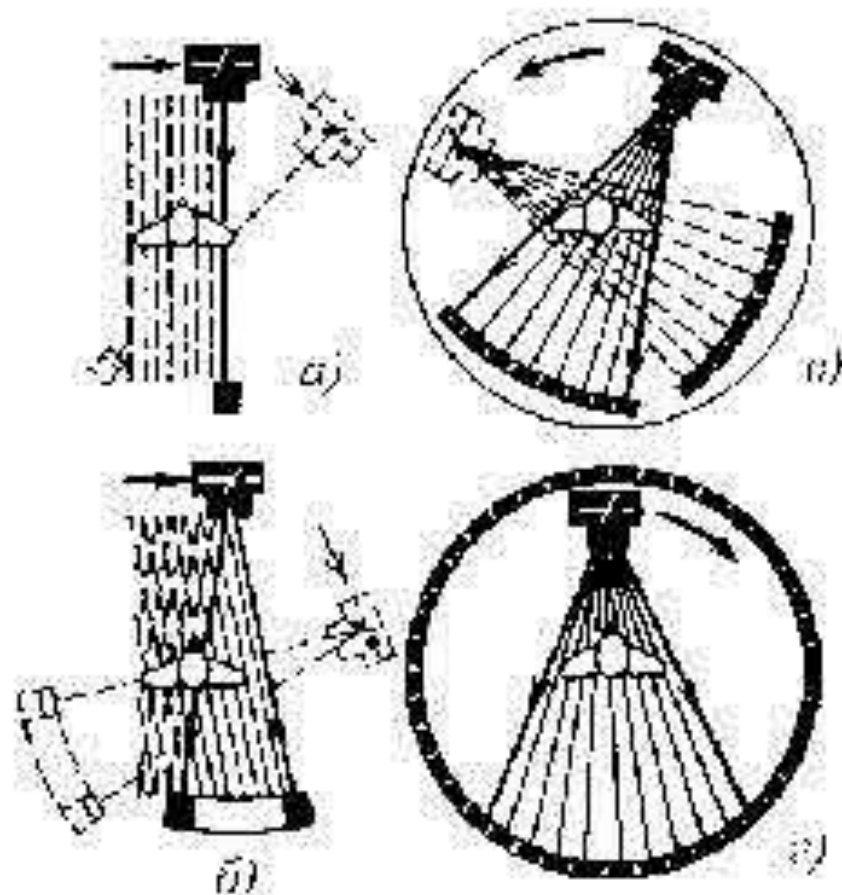


Рисунок 1.2. Принципи сканування в томографічних системах чотирьох поколінь

Необхідно лише запам'ятати ряд зображень, що отримуються при скануванні джерелом докола об'єкту, що обертається і приймачем рентгенівського зображення. Така можливість дійсно існує, адже рентгенівське

						КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			10

зображення, що пройшло через тіло пацієнта, перетворюється у відеосигнал і безперервно відображується на моніторі. Потім за допомогою персонального комп'ютера і встановленої на ньому відео-плати відеосигнал захоплюється, і з певними параметрами (такими як частота кадрів) записується в пам'ять.

Для використання симулятора в якості томографа необхідно при обертанні випромінювача і приймача (підсилювача рентгенівського зображення) докола об'єкту, безперервно записувати отримуваний відеоряд зображень в відео-форматі в пам'ять комп'ютера. Далі, шляхом вживання спеціальних алгоритмів можна отримати томограми, аналогічні тим, які отримувать за допомогою звичайних комп'ютерних томографів.

До недоліків подібного методу можна віднести наступні:

- низька швидкість руху гантрі (час проходу 180° (складає 20 с));
- мала кутова апертура рентгенівського пучка (близько 20°), що вимагає вживання спеціально розробленої методики багатоцентрової зйомки або обмеження сфери застосування патологіями голови інші;
- відсутність програмно-апаратних засобів керування запуском і зупинкою зйомки за допомогою плати відеовведення.

Як видно з приведених даних, реалізація режиму комп'ютерної томографії на симуляторі дозволяє отримати апарат, аналогічний томографам другого покоління.

Якщо перші дві проблеми неможливо вирішити простими засобами, то третю – синхронізацію зйомки – цілком можливо. Рішення саме цієї задачі присвяченій даній дипломній роботі.

Таким чином, при технічній реалізації такого рішення рентгенівське випромінювання, що пройшло через пацієнта, буде перетворюватися за допомогою підсилювача рентгенівського зображення у відеосигнал і безперервно відображатися на моніторі. За допомогою персонального комп'ютера і встановленої на ньому відеокарти відеосигнал буде захоплюватися і записуватися в пам'ять. Після цього записане зображення перетвориться по спеціальному алгоритмам для отримання томограм. В цілому рентгенівський

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	стор.
						11
Зм.	Арк.	№ розд.	Підп.	Дата		

симулятор не призначений для роботи в режимі комп'ютерного томографу, тому недоліком такої системи буде те, що операторові доведеться уручну активізувати і зупиняти програму захоплення відеослідженості, коли гантрі симулятора досягне певного кута. Це призведе до помітної погрешності відтворення стартового і стопового кута (біля $10 - 15^\circ$), що негативно позначиться на якості отримуваних томограм. Однак такої точності цілком достатньо для багатьох застосувань та постановки первинних діагнозів.

Існує декілька варіантів модернізації рентгенівського симулятора для його використання у якості томографу.

Перший варіант передбачає, що задачу відстеження положення гантрі треба покласти на апаратне забезпечення. Але при такому варіанті стає складною побудова досить гнучкої системи, що допускає варіації параметрів початку і кінця запису відеосигналу і інших параметрів, крім того ця схема вийде дуже складною і дорогою.

Другий варіант полягає у покладанні обов'язків обробки сигналу на комп'ютер, а апаратне забезпечення повинне лише перетворити сигнал у форму, зручну для використання комп'ютером, тобто в цифрову форму. Не використовувати можливості комп'ютера в даній ситуації для обробки інформації про положення гантрі симулятора було б великою помилкою. По-перше комп'ютер вже використовується для захоплення відеосигналу, тобто немає необхідності його купувати. По-друге здійснити цифрову обробку за допомогою комп'ютера набагато простіше і дешевше, ніж при використанні схемних рішень. По-третє у будь-якому випадку доведеться проводити сполучення з комп'ютером, оскільки по-іншому активізувати програму для захоплення відеослідженості не представляється можливим.

1.2 Розробка структурної схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятора з ПК

Перетворення аналогового сигналу з датчика положення гантрі (змінного резистора) у цифровий здійснюватиметься за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Для цього сигнал, що поступає від датчика, спочатку

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зл.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		11

необхідно перетворити у вигляд, придатний для використання аналого-цифровим перетворювачем. Після оцифрування сигналу за допомогою АЦП та перетворення паралельного коду на послідовний у блоці перетворювача інтерфейсу сигнал вводитьься у комп'ютер через інтерфейс USB, де відбувається його обробка. Керування аналого-цифровим перетворювачем здійснюється сигналами від комп'ютера.

Необхідними вузлами схеми, що розробляється (пристрій сполучення), мають бути перетворювач аналогового сигналу для підгонки його рівня під вимоги АЦП, а також обмежувач рівня для запобігання перевищенню допустимого рівня сигналу на вході АЦП. Окрім цього необхідно передбачити схеми захисту АЦП (як правило мікросхеми АЦП вимагають певного порядку подачі сигналів на входи).

Відповідно до технічного завдання, живлення пристрою необхідно здійснювати від джерела живлення симулятора, використовувачи напругу (± 15 В). Як буде показано нижче, не всі компоненти можуть працювати від такого джерела, тому необхідно отримати необхідну напругу живлення з передбачених у симуляторі напруг. Після аналогово-цифрового перетворення сигналу положення гантрі у блоці АЦП буде отримано паралельний код, тому, для введення даних положення гантрі у комп'ютер за послідовним інтерфейсом необхідно виконати його перетворення (блок перетворювача коду).

Структурна схема апаратної частини пристрою сполучення рентгенівського симулятора з ПК зображена на рис. 1.3.

Таким чином, завданням дипломного проекту передбачається розробка програмно-апаратних засобів для відстежування положення гантрі симулятора і подальшої активізації і зупинки програми, що захоплює відеопослідовність, досягли певних кутів. Розроблена на рис. 1.3 схема показує роботу пристрою сполучення схем керування симулятором SLS-9 з персональним комп'ютером для його використання у жорстіографу для реконструктивної томографії.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зм.	Арк.	№ розд.	Піс.	Дата		
						13

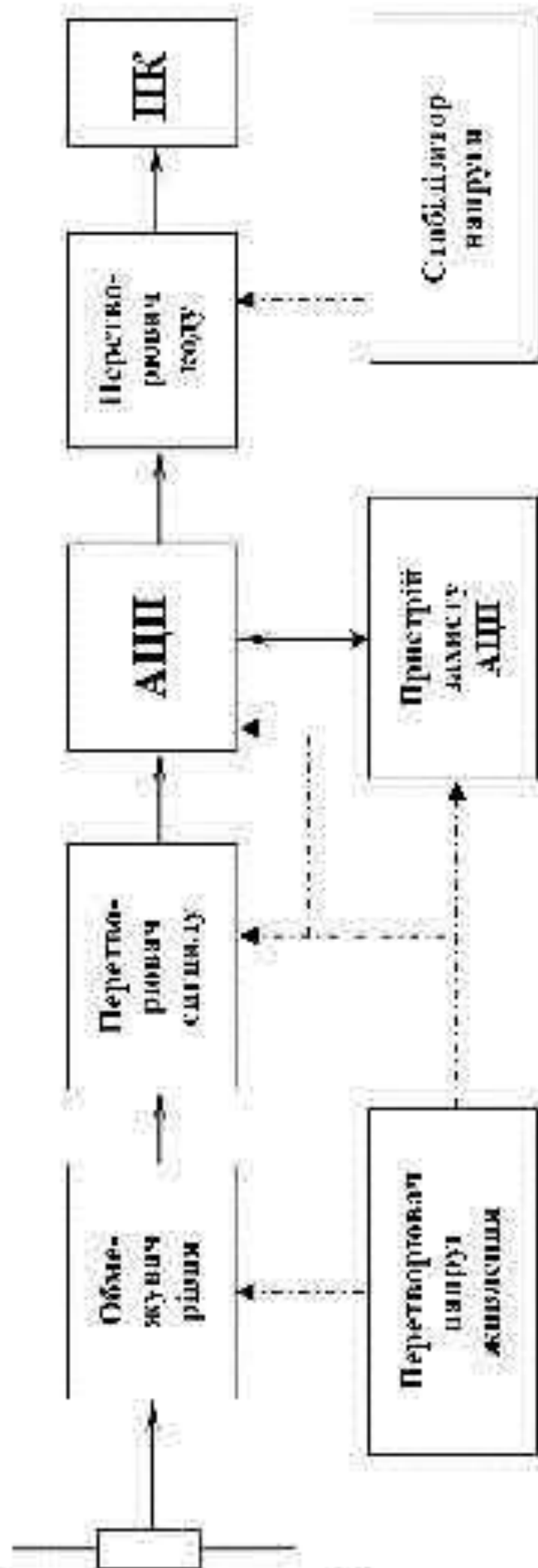


Рисунок 1.3. Структурна схема апаратної частини пристрою сполучення

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм.	Арх.	№ розум.	Підр.	Дата		/а

1.3 Розробка принципової електричної схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятора з ПК

На основі розробленої структурної схеми, можна виділити наступні частини проектованої схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятора з ПК:

- аналого-цифровий перетворювач повинен перетворювати аналоговий сигнал, пропорційний куту повороту гантрі симулятора в цифровий код для подальшої обробки за допомогою ПК;
- перетворювач аналогового сигналу підганяє його рівень під вимоги АЦП, тобто, як буде показано нижче, здійснює його ослаблення, а також служить буфером;
- двосторонній обмежувач рівня необхідний для обмеження рівня вхідного аналогового сигналу, для запобігання виходу АЦП з ладу при повороті гантрі понад допустимого діапазону;
- перетворювач коду необхідний для передачі даних до ПК за допомогою інтерфейсу USB;
- необхідно також забезпечити захист АЦП, для запобігання пошкодження його сигналів при вимкненій напрузі живлення;
- джерело живлення повинне служити для забезпечення функціонування всіх пристроїв схеми. Для спрощення схем живлення передбачається вибрати для використання елементи з однаковими вимогами до напруги живлення;
- з метою інформування про ввічаний стан пристрою, необхідно передбачити пристрій індикації.

1.3.1 Включення аналого-цифрового перетворювача

Для перетворення аналогового сигналу від датчика положення гантрі в цифрову форму для подальшої обробки за допомогою ПК необхідне використання АЦП.

У АЦП вхідним сигналом є напруга, а вихідним – відповідний цій напрузі

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ розд.	Підр.	Дата		13

цифровий код, який утворюється в результаті квантування вхідної напруги по рівнях. Принцип роботи АЦП залежить від методу перетворення. По алгоритму перетворення основні методи перетворення, використовувані в мікросхемах АЦП, підрозділяється на методи: послідовного рахунку, порозрядного урівноваження (послідовного рахунку) і паралельної дії (зчитування) [5].

Критерієм вибору АЦП є його параметри: число розрядів, швидкодія, точність, вартість. Число розрядів вихідного коду визначає кількість можливих рівнів квантування вхідного сигналу. Для n -розрядного двійкового коду ця кількість дорівнює 2^n . Роздільна здатність визначається мінімальною вхідною напругою, відповідною зміні вихідного коду на одиницю молодшого розряду. Вона характеризує поріг чутливості при якому відбувається зміна вихідного коду. Нелінійність δ_1 (рис. 1.4) показує максимальне відхилення реальної передавальної характеристики від ідеальної; виражається у відсотках або долях молодшого розряду (МР).

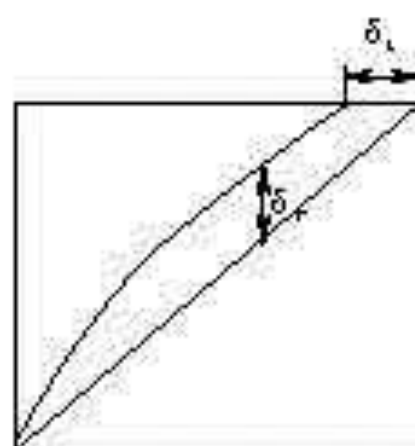


Рисунок 1.4. Нелінійність і абсолютна нелінійність перетворення

Диференціальна нелінійність – це відхилення двох вхідних сигналів, відповідних сусіднім вихідним кодам від значення МР. Виражається диференціальна нелінійність також у відсотках або долях МР.

Абсолютна погрешність перетворення δ_1 у кінцевій точці шкали – це відхилення напруги від номінального значення, відповідного кінцевій точці характеристики перетворення. Ця погрешність залежить від кроку квантування (методична погрешність) і інструментальних погрешностей, що вносяться

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зл.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		16

вузлами АЦП.

Найбільш швидкодіючими є АЦП паралельної дії, проте вони також найскладніші і найдорожчі. АЦП послідовного рахунку мають найнижчу швидкодію. Широко поширені АЦП послідовного наближення володіють середньов швидкодією.

Високими із специфіки завдання, для його виконання підійдуть функціонально завершені АЦП, придатні для безпосереднього сполучення з ПК. Такі АЦП вимагають мінімальної кількості допоміжних елементів, мають вбудовані джерела опорної напруги, генератори тактових імпульсів, буферні регістри з трьома станами.

Визначимо необхідну розрядність АЦП. Для забезпечення точності менш одного градуса число розрядів n має бути: $n \geq \lg_2 360$. Тобто n має бути більше або рівне 9. Вказаним вимогам задовольняє 10-розрядний функціонально закінчений АЦП послідовного наближення AD571 фірми ANALOG DEVICES (США), виконаний за КМДП-технологією.

Функціональна електрична схема АЦП AD571 показана на рис. 15. Мікросхема AD571 виконує функцію 10-розрядного аналого-цифрового перетворення однополярного або біполярного вхідного сигналу з представленням результатів перетворення в паралельному двійковому коді. Вона містить всі функціональні вузли АЦП послідовного наближення, включаючи КН, ЦАП, РПП, ДОН, ГП, вихідний буферний регістр з трьома станами, схеми керування [6].

Для її експлуатації необхідно лише два джерела живлення і регульовані резистори. Вихідні каскади з трьома станами дозволяють зчитувати результат перетворення безпосередньо на шину даних МП. Декілька АЦП можуть обслуговувати один МП, і навпаки. По рівнях вхідних і вихідних логічних сигналів АЦП сполучається з цифрою ТТЛІС. Класифікація ВІС по групах А, Б, В проводиться по значеннях параметрів нелінійності і диференціальної нелінійності.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підр.	Дата		17

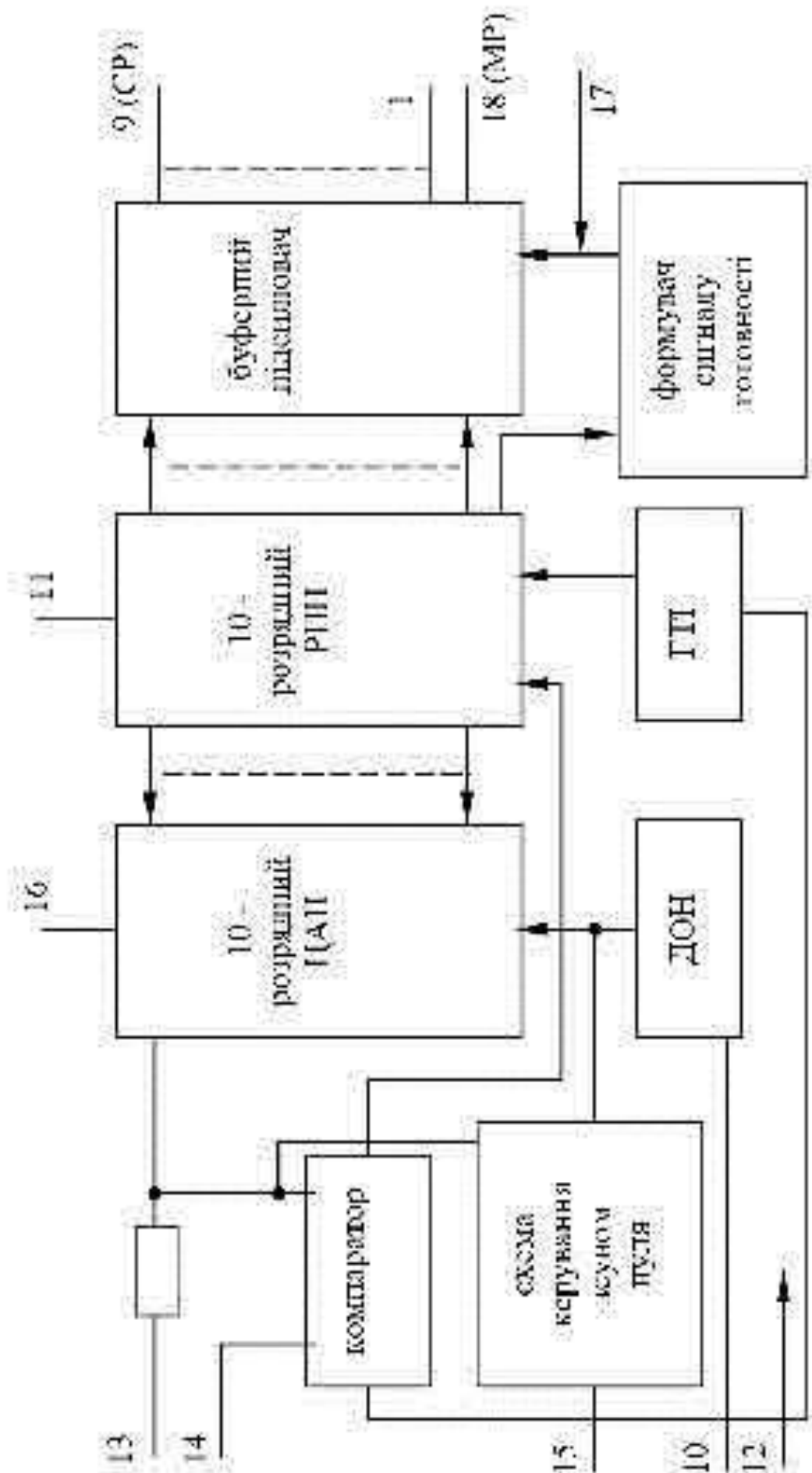


Рисунок 1.5. Функціональна електрична схема АЦП AD571

Мікросхеми AD571 виготовляються за біполярною технологією, модифікованою для поєднаного формування на кристалі біполярних транзисторів, а також елементів інжекційної логіки і тонкошліткових прецизійних резисторів. Технологія дозволяє розмістити в одній ВІС велике число цифрових елементів і виконати аналогові вузли з високим рівнем параметрів. В процесі виробництва здійснюється налаштування АЦП до необхідних значень електричних параметрів шляхом підгонки опорів тонкошліткових резисторів лазерним променем. Мікросхеми AD571 випускаються в 18-вивідному герметичному металокерамічному корпусі типу 238.18-1 з вертикальним розташуванням виводів.

Нумерація і розташування виводів мікросхеми:

- 1-9 – цифрові виходи 9-1;
- 10 – напруга джерела живлення (+5 В);
- 11 – гасіння і перетворення;
- 12 – напруга джерела живлення (-15 В);
- 13 – аналоговий вхід;
- 14 – спільний (аналогова земля);
- 15 – керування з сувом нуля;
- 16 – спільний (цифрова земля);
- 17 – готовність данок;
- 18 – цифровий вихід 10 (молодший розряд).

Основні електричні параметри мікросхеми AD571 представлені в таблиці 1.1. Номінальні значення напруги джерел живлення: $U_1 = 5\text{В} \pm 5\%$ і $U_2 = -15\text{В} \pm 5\%$. Діапазони їх граничних змін складають $U_1 = (4,5 - 5,5)\text{В}$, $U_2 = -(16,5 - 13,5)\text{В}$.

У ВІС AD571 вхідний струм ЦАП порівнюється із струмом, що протікає через вхідний резистор від джерела сигналу. Тим самим формується логічний сигнал керування регістром послідовного наближення (РПН). Стабілізація розрядних струмів ЦАП здійснюється вбудованим джерелом опорної напруги (ДОН) на основі стабілітрона з прихованою структурою. Включення АЦП в режимі роботи з уніполярною вхідною напругою передбачає під'єднування

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зм.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		19

виводу 15 до цифрової землі (дивід 16).

Таблиця 1.1. Основні електричні параметри АЦП AD571

Параметр	Не менш	Не більш
Число розрядів n	10	-
Не лінійність δ_L , %	- 0,1	0,1
Диференціальна не лінійність δ_{LD} , %	- 0,1	0,1
Абсолютна погрешність перетворення в кінці вихідної шкали	- 20	20
Напруга зсуву нуля на вході, мВ	- 30	30
Час перетворення t, мкс	-	30
Напруга живлення U1, В	4,5	5,5
Напруга живлення U2, В	- 16,5	- 13,5
Струм споживання I1	-	10
Струм споживання I2	-	20
Вхідний опір, кОм	10	-
Діапазон уніполарної вхідної напруги, В	-	10,24
Діапазон біполарної вхідної напруги, В	- 5,12	5,12
Граничне допустиме значення уніполарної вхідної напруги, В	0	10,5
Гранично допустимі значення біполарної вхідної напруги, В	- 5,5	5,5

При цьому на виході вбудованого ЦАП задається струм, рівний струму SP , але протилежної полярності. При роботі АЦП з біполарною вхідною напругою електричні сигнали на вивід 15 не подаються. Тактування РПН забезпечується імпульсами вбудованого генератора тактових імпульсів (ГТІ) з частотою слідування 300-400 кГц. Установка РПН в початковий стан і запуск його в режим перетворення проводяться по зовнішньому сигналу "Гасіння і перетворення". Після закінчення перетворення АЦП виробляє сигнал "Готовність даних" і інформація з РПН поступає на цифрові виходи через каскади з трьома станами. Діаграми роботи АЦП приведені на рис. 1.6.

Напруга від джерел живлення і вхідних сигналів подається на біс АЦП AD571 в наступній послідовності: потенціал землі, напруга живлення, напруги на входи керування, вхідна напруга. Порядок зняття напруги зворотний. Допускається одночасна їх подача і зняття. IC AD571 використовує дві напруги живлення +5 В і -15 В. У схемі, що розробляється, використовуються напруги,

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зм.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		

що отримувється з джерела живлення симулятора: +15 і -15 В. Необхідна для живлення АЦП напруга +5 В отримується за допомогою інтегрального стабілізатора напруги А7805Т фірми Fairchild Semiconductor.

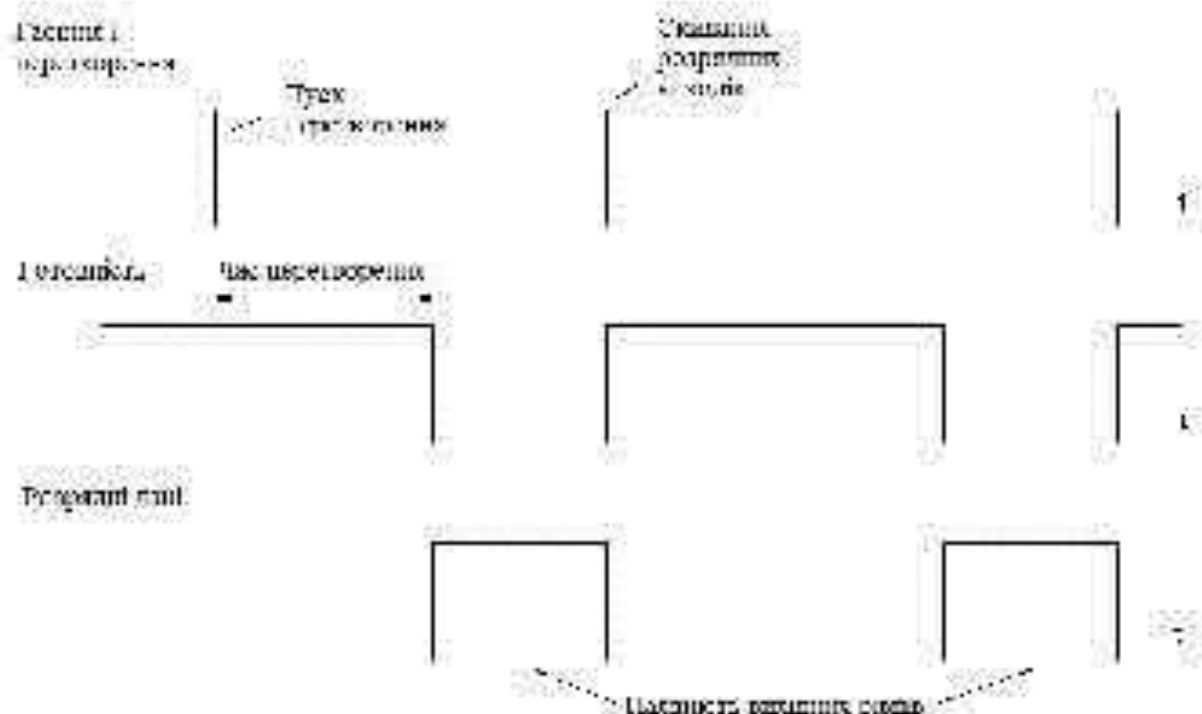


Рисунок 1.6. Часові діаграми роботи АЦП AD 571

Відомо, що при обробці аналогових сигналів, що змінюються з частотою, сумірною або більшою, ніж швидкість роботи АЦП, з аналогового сигналу доводиться робити вибірки [5]. Для цього деяке значення сигналу в певні моменти запам'ятовується на якийсь час, необхідний для того, щоб АЦП перетворив його в двійковий код. Цю функцію виконують пристрої вибірки і зберігання аналогового сигналу (ПВЗ). Це свого роду аналогові запам'ятовувачі пристрої. Зазначай схеми ПВЗ в своїй основі мають інтегратор на операційному підсилювачі (ОП) з високоомним навантаженням і малими струмами витоку, забезпечений влючовими схемами. Також ПВЗ випускаються у вигляді комплексних ІС.

Необхідно визначити доцільність використання ПВЗ у пристрої, що розробляється. Очевидно, що потреба в ПВЗ виникає, коли частота аналогового сигналу більше швидкості роботи АЦП. Якщо ж за час перетворення t аналогового сигналу в цифровий код, зміна першого буде менше роздільної

здатності АЦП, необхідність в ПЗ3 відпадає. Гантрі стимулятора проходить повний оборот за 40 с. Розділивши 40 на 1024 отримаємо час, відповідний зміні коду на одиницю: $40/1024=0,039$ с, тобто близько 40 мс. Час же перетворення вибраного АЦП складає 30 мкс, що більш ніж в 1000 разів менше. Таким чином живлення ПЗ3 в даному пристрої не виправдане і аналоговий сигнал передбачається подавати безпосередньо на вхід АЦП після підгонки його під рівень вхідного сигналу (динамічний діапазон) АЦП.

Визначимо точність перетворення за допомогою 10-ти розрядного АЦП. Зміна вихідного коду на одиницю молодшого розряду станеться при повороті гантрі на кут α рівний: $\alpha = \frac{360}{1024} \approx 0,35^\circ$. Таким чином, роздільна здатність перетворення, виходячи з розрядності АЦП, складе $0,35^\circ$.

Оскільки датчик положення гантрі – потенціометр, що живиться двополярною напругою ($\pm 10В$), АЦП використовуватиметься в біполярному режимі. Напряга повної шкали регулюється резистором, підключеним до аналогового входу. Схема включення АЦП показана на рис. 1.7.

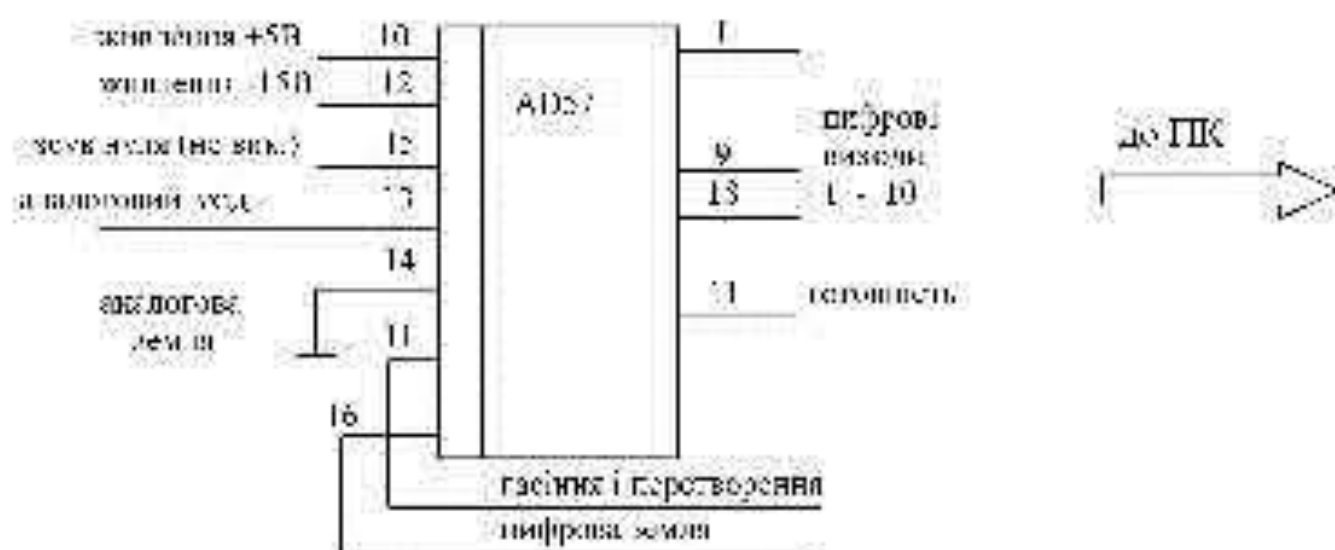


Рисунок 1.7. Схема включення АЦП AD571

Як видно з опису вибраного АЦП, для його зв'язку з блоком перетворення коду (для USB-інтерфейсу) буде потрібно 13 ліній. 10 ліній безпосередньо повинні передавати цифрові дані про положення гантрі. Вихід АЦП "Готовність" передає інформацію про готовність даних. На вхід "Гасіння і

						КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	стор.
Зм.	Арх.	№ розр.	Підп.	Дата			11

перетворення" передаватиметься інформація про прийом даних програмою. Вхід АЦП "Цифрова земля" підключається до землі комп'ютера через USB.

Порядок підключення розрядів АЦП до регістра даних такий: старший розряд АЦП до старшого біта регістра даних, дев'ятий і десятий розряди АЦП підключаються відповідно до шостого і сьомого бітів регістра стану (враховуючи, що молодший біт – перший). Вихідна лінія АЦП "Готовність" підключається до п'ятого біта регістра стану. На вхід АЦП "Гасіння і перетворення" сигнал подається з другого біта регістра керування. Даний біт є інверсним, тобто при записі в нього одиниці, на лінії з'являється нуль. Земля схеми під'єднується до землі комп'ютера також через USB.

1.3.2 Обмеження рівня вхідного аналогового сигналу

Кут повороту гантрі можна бачити на її центральній частині. Там знаходиться нерухома кругова шкала з відліками в градусах. Вид шкали показаний на рис. 1.8. При обертанні гантрі мішка, переміщуючись докола шкали, дає інформацію про кут повороту. Датчик положення гантрі представляє собою змінний багатоборотний резистор, що живиться від двополярної напруги (10 В). Середня точка резистора, при якій напруга на його виході дорівнює нулю, відповідає нулю градусів положення гантрі симулятора.

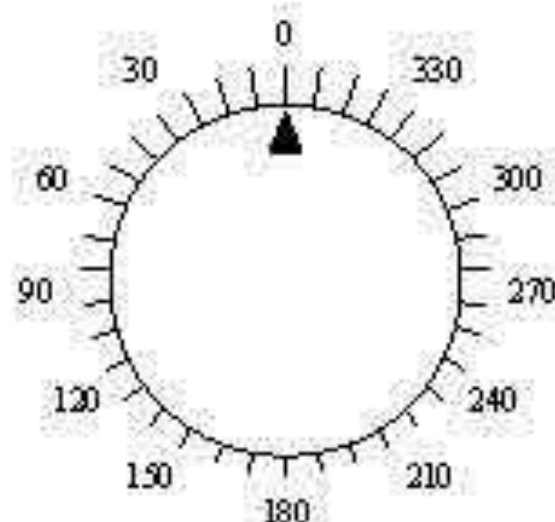


Рисунок 1.8. Шкала кутів повороту симулятора SLS-9

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зл.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		13

При обертанні гантрі у бік 10 градусів відбувається пропорційне зменшення напруги на центральному виводі резистора, і до 180 градусів воно досягає $-7,2$ В. При обертанні в цю сторону, можна досягти граничного для обертання в дану сторону кута 220 градусів при напрузі на резисторі $-8,8$ В. Якщо проводити обертання від нуля у бік 350 градусів, то до 180 градусів напруга на датчику дорівнюватиме $7,2$ В. Далі при граничному куті 140 градусів напруга досягає $8,8$ В. Тобто при однакових кутах повороту гантрі датчик кута може видавати різні значення залежно від того, обертанням в яку сторону цей кут був досягнутий.

Згідно завдання, обробку кута повороту гантрі необхідно проводити при її обертанні від 0 до 180 градусів в ту і іншу сторону. Тому, з метою запобігання втрати точності, динамічний діапазон АЦП використовуватиметься в цьому діапазоні кутів. Тобто рівень сигналу при повороті гантрі на 360 градусів відповідатиме зміні вихідного коду АЦП від 0 до 1023. Проте, немає гарантій, що не станеться поворот гантрі на більший кут, слідством чого стане перевищення рівня сигналу на вході АЦП з подальшою можливістю виходу його з ладу. В цьому випадку необхідно передбачити захист входу АЦП від перевищення допустимого рівня сигналу при випадковому повороті гантрі більш ніж на 180 градусів від нульового положення.

Як було сказано вище, рівень сигналу, відповідний повороту гантрі від 180 до 180 градусів повинен відповідати певній шкалі АЦП. При такому повороті гантрі сигнал змінюється від $-7,2$ В до $7,2$ В. Певна ж шкала АЦП відповідає діапазону $-5,12 \dots +5,12$ В. Тобто необхідно перетворити сигнал із зменшенням його амплітуди (зменшення має бути лінійним). Відомо, що лінійно зменшити напругу сигналу можна за допомогою змінного резистивного діляника. Значчи вхідний опір АЦП, і заданий струмом діляника, визначаються номінали його резисторів. При цьому необхідно додати змінний резистор для налаштування діляника, оскільки номінали резисторів неодмінно відрізнятимуться від розрахункових. Проте, в даному випадку просте вживання резистивного діляника буде не виправданним, оскільки необхідне двостороннє

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм.	Арх.	№ докум.	Пісн.	Дата		10

обмеження аналогового сигналу по рівню для захисту входу АЦП.

Ефективним способом обмеження рівня вхідного сигналу є використання діодного захисту [7]. Для цього створюється два джерела напруги з напругами ледве меншими рівнів необхідного обмеження (на рівень падіння напруги на діоді). Потім вони через діоди підключаються до лінії, по якій проходить обмежуваний сигнал. Джерела напруги можна створити за допомогою дільників напруги. Але тут існує обмеження: еквівалентний опір джерела має бути малюм в порівнянні з опором джерела сигналу. Тому, для ефективної роботи такого обмежувача, в жості джерела напруги потрібне вживання низькоомного дільника, що призведе до підвищеного енергоспоживання. Крім того, обов'язково буде потрібно налаштування дільників. Кардинальним вирішенням даної проблеми є використання в жості джерела напруги параметричних стабілізаторів на стабілітронах. Але значимі стабілітрони загального вживання не можуть забезпечити необхідної точності: допуск на напругу стабілізації у більшості з них коливається в межах 20%, а температурний коефіцієнт стабілізації дуже великий, тоді як АЦП вимагає обмеження рівня максимальної позитивної напруги біля 5,5 В, а робочий діапазон (повна шкала) закінчується на відмітці 5,12 В. Тому, при вживанні значимих стабілітронів можливо або перевищення допустимого напруги на його вході, або обрізання робочого сигналу. Виходом є вживання спеціальних прецизійних стабілітронів, але прецизійні стабілітрони на напругу стабілізації менше 6 В не випускаються.

Багато значимі здійснювати обмеження вхідного сигналу безпосередньо біля входу АЦП, але оскільки необхідні стабілітрони відсутні, можна обмежити вхідний сигнал ще до зменшення його рівня, тобто обмеження провести на рівні 7,2 В (прецизійні стабілітрони з близькою напругою стабілізації існують). Потім, сигнал, рівень якого не може перевищувати 7,2 В зменшується по амплітуді і подається на вхід АЦП. При необхідному заданому коефіцієнті передачі рівень сигналу на вході АЦП не перевищить граничного значення. Однак даний метод має недоліки: при налаштуванні коефіцієнта передачі, а також при виході з ладу вузла, що відповідає за зменшення рівня сигналу, напруга на вході АЦП може

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зл.	Арк.	№ розг.	Підп.	Дата		
						13

перевищити допустиме значення. Але побудова захисту від всіх можливих несправностей приведе до надмірного ускладнення схеми, крім того немає гарантій, що не відмовлять самі пристрої захисту. При обраному способі захисту вхід АЦП захищений від перевищення рівня сигналу за рахунок повороту гантри понад допустимого діапазону, а також від будь-яких несправностей, включаючи неправильну комутацію джотів, які можуть статися поза схемою пристроїв сполучення, що розробляється. Принципова схема пристроїв захисту від перевищення рівня аналогового сигналу представлена на рис. 19.

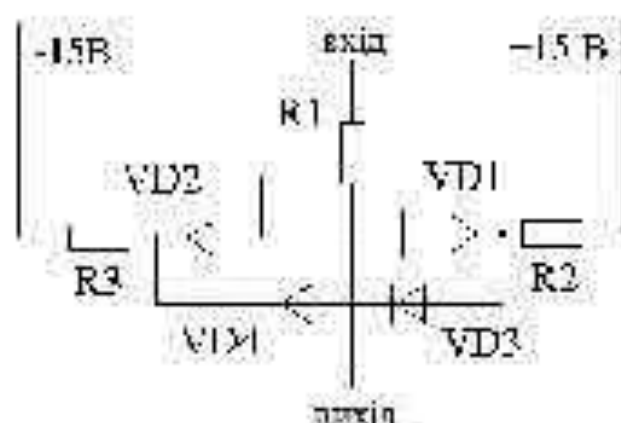


Рисунок 19. Двосторонній обмежувач рівня для захисту АЦП від перевищення рівня вхідного аналогового сигналу

Стабілітрони $VD1$ і $VD2$ спільно з резисторами $R1$ і $R2$ для задання струму стабілізації утворюють джерела опорної напруги. Діоди $VD3$ і $VD4$ використовуються для обмеження рівня аналогового сигналу. У джерелах напруги, використовуваних для ланцюгів захисту, будуть використовуватися два прецизійні стабілітрони марки 2С166В з номінальною напругою стабілізації 6,6 В. Цей кремнієвий стабілітрон малої потужності призначений для вживання в якості джерела номінальної опорної напруги 6,6 В у ланцюгах постійного струму в діапазоні струмів стабілізації 3...10 мА; випускається у скляному корпусі з гнучкими виводами, тип стабілітрона приводиться на корпусі; з боку виводу, позитивного для робочого режиму (анода) на корпусі наноситься біла слуга; маса стабілітрона не більше 5 г [8]. Основні електричні параметри стабілітрона 2С166В приведені в таблиці 1.2.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	стор.
Зм.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		16

Таблиця 1.2. Основні електричні параметри стабілітронів 2С166В

Номинальна напруга стабілізації *, В	6,6
Розкид напруги стабілізації **%	-5...0...5
Температурний коефіцієнт напруги стабілізації *, % на °С	±0,0005%
Відхилення напруги стабілізації *, мВ	-2...-0,5...+1,5
Точасова нестабільність *, мВ	±1,4
Диференціальний опір при T=25°С *, Ом	8...11...20
Мінімальний струм стабілізації, мА	7,5
Максимальний струм стабілізації, мА	10
Розсіювана потужність, мВт	70
Температура навколишнього середовища, °С	-60...+125

* При струмі стабілізації, рівному 7,5 мА.

Для забезпечення нормальної роботи обмежувачів напруги необхідно сигнал від датчика подавати через резистор. Номінал резистора має бути таким, щоб при спрацюванні одного з обмежувачів струм через відповідний стабілітрон не перевищував встановленої межі. Максимально можливий рівень сигналу, що поступає на схему при граничному повороті гантрі симулятора не перевищує 9 В. Обмеження сигналу проводиться на рівні 7,3 В. Отже, падіння напруги на входному резисторі R3 не перевищить 1,7 В. Вибравши номінал резистора R1 рівним 5,1 кОм, максимальний струм обмежувача встановлюється на рівні 0,3 мА. Тобто при спрацюванні обмежувачів приріст струму через будь-який із стабілітронів не перевищить 0,3 мА, що не виведе його з робочого режиму.

Визначимо номінали резисторів R1 і R2, що задають струм через стабілітрони VD1, VD2. Оскільки стабілізована напруга 6,6 В виходить з 15 В, а номінальний струм стабілізації рівний 7,5 мА, можна визначити номінали резисторів: $R1 = R2 = \frac{15 - 6,6}{0,0075} = 1120 \text{ Ом}$.

Вибравши найближче стандартне значення 1,1 кОм і обравши резистор з допуском ±5% струм стабілізації обмежиться у межах 7,2...8,0 мА, що допустимо для обраних стабілітронів.

Обмеження сигналу на рівні 7,3 В забезпечується підключенням

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зм.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		17

сигнальної лінії до джерел опорної напруги через діоди VD3 VD4. Для цього використовуються германієві діоди Д18, що мають номінальне пряме падіння напруги 0,7 В. Вибір даних приладів обумовлений відповідним прямим падінням напруги, а також дешевою ціною і їх малими розмірами. Максимальний постійний прямий струм через діод дорівнює 16 мА.

1.3.3 Узгодження вхідного сигналу

Після пристроїв обмеження рівня вхідного сигналу необхідно цей сигнал узгодити для того, щоб він підходив під параметри АЦП. Це можна зробити декількома способами. Найпростіший і дешевий спосіб – використання резистивного дільника, але це не дуже добре рішення: потрібно буде враховувати вхідний опір АЦП, опір, що стоїть на вході (необхідний для обмежувачів), а також параметри самого датчика. При цьому схема потребує складного налаштування і при зміні жого-небудь параметра стануться порушення в її роботі – зміни напруги спрацювання обмежувачів, рівня сигналу на вході АЦП. Прийнятним рішенням є використання операційного підсилювача (ОП) в якості пристрою перетворення напруги сигналу для подачі на вхід АЦП, а також в якості буферу. Вхідні струми ОП незначно малі і тому обмежувачий резистор, що стоїть на вході, не зробить впливу на рівень (напругу) сигналу. Крім того напруга вхідного сигналу не залежатиме від вхідного опору АЦП. ОП необхідно використовувати у неінвертувочому режимі для забезпечення максимального вхідного опору, але при такому включенні не можна добитися необхідного коефіцієнта посилення (<1). Тому після буферного неінвертувочого ОП використовуватиметься ще один ОП, що працює в інвертувочому режимі з коефіцієнтом посилення <1 . Використання для цієї мети дільника наряд чи є прийнятним, оскільки при розрахунку дільника потрібно буде враховувати вхідний опір АЦП, а це може привести до погрешності при зміні цього параметра. Коефіцієнт посилення першого ОП, що працює в неінвертувочому режимі і використовуваного в якості буферу дорівнює 1. Розрахуємо необхідний коефіцієнт посилення другого ОП, що працює в

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ розг.	Пісн	Дата		12

інвертувочому режимі і використуваного для зменшення рівня сигналу. Оскільки сигнал, що поступає від датчика симетричний відносно землі, можна проводити розрахунок, наприклад, лише для позитивного його значення. Для цього розділимо рівень, відно відній повній шкалі АЦП на максимальний рівень вхідного сигналу:

$$K = \frac{U_{\text{вх. АЦП}}}{U_{\text{вх. макс}}} = \frac{5,12}{7,2} \approx 0,71; \quad (1.1)$$

де K – необхідний коефіцієнт підсилення, $U_{\text{вх. АЦП}}$ – рівень сигналу, відповідній повній шкалі АЦП; $U_{\text{вх. макс}}$ – максимальний рівень вхідного сигналу (відповідає 180 градусів повороту гайтри).

Таким чином, необхідно зменшити сигнал у 1,71 разів або, що еквівалентно, збільшити у 0,71 разів. Розрахуємо номінали резисторів ланцюга зворотного зв'язку. Задавшись номіналом резистора $R4 = 10 \text{ кОм} (\pm 5 \%)$ (див. рис. 1.9) і знаючи, що коефіцієнт посилення має бути рівним $-0,71$ визначимо номінал резистора $R5$:

$$R5 = -K \cdot R4 = 0,71 \cdot 10000 = 7100 \text{ Ом}; \quad (1.2)$$

Але через неточність номіналів, а також відсутність резисторів номіналом 7,1 кОм, необхідно передбачити можливість регулювання в деяких межах коефіцієнт підсилення. Для цього номіналом $R5$ вибирається менше стандартне значення 6,2 кОм ($\pm 5 \%$), а послідовно з ним включається змінний резистор $R6$ опором 2 кОм. При цьому забезпечується необхідне регулювання коефіцієнта посилення для компенсації неточності номіналів резисторів $R4$ і $R5$. Так при погрішностях виготовлення резисторів, що приводять до максимального коефіцієнта посилення ($R4 = 9500 \text{ Ом}$, $R5 = 6510 \text{ Ом}$), за допомогою зменшення опоры $R6$ до 0, коефіцієнт підсилення можна знизити до:

$$K = -\frac{R5}{R4} = -\frac{6510}{9500} \approx -0,69 \quad (1.3)$$

А при погрішностях, що приводять до мінімального посилення ($R4 = 10500 \text{ Ом}$, $R5 = 5890 \text{ Ом}$), коефіцієнт підсилення можна підвищити до:

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	ЛРС 19
Зм.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		

$$K = -\frac{R5}{R4} = -\frac{5890 + 2000}{10500} \approx -0,75$$

Таким чином при будь-яких допустимих відхиленнях ($\pm 5\%$) від номінальних значень опорів резисторів, що задають коефіцієнт підсилення, коефіцієнт підсилення можна відрегулювати і встановити рівним номінальному: $-0,75$. Схема узгодження вихідного сигналу з ланцюгом захисту представлена на рис. 1.10.

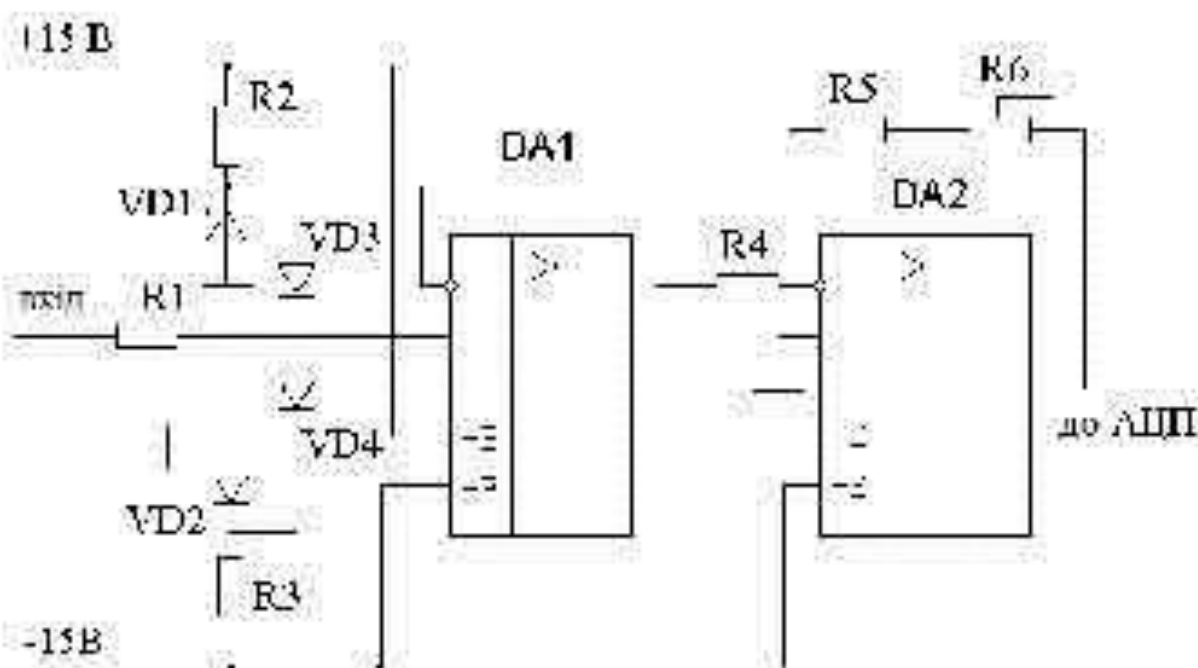


Рисунок 1.10. Схема перетворення вихідного сигналу

Як було сказано вище, резистори, що задають коефіцієнт підсилення, а також вхідний резистор мають допуски $\pm 5\%$, що цілком достатньо для забезпечення нормальної роботи пристрою.

Операційні підсилювачі для пристрою необхідно вибирати з міркувань отримання погрешностей, що не виходять за рамки допустимих. При використанні ОП необхідно враховувати ряд обмежень і відрізнень ідеального ОП від реального, які можуть в деяких випадках привести до відсутніх погрешностей [7]. Визначимо граничні значення деяких параметрів ОП для використання в даному пристрої:

Напруга зсуву. Завдяки вхідній напрузі зсуву, при нульовій напрузі на вході напруга на виході дорівнює

$$U_{\text{вх}} = K \cdot U_{\text{вн}} \quad (1.4)$$

Максимальний коефіцієнт підсилення, рівний 1, має перший ОП. Другий ОП має коефіцієнт посилення 0,71. Якщо задатися максимальною погрешністю через напруги зсуву, яка дорівнює 0,1 молодшого розряду АЦП (тобто 1 мВ), то очевидно потрібний ОП з максимальною напругою зсуву, що не перевищує 1 мВ. Можна звичайно застосувати ОП і з більшою напругою зсуву, але тоді доведеться використовувати схему регулювання зсуву нуля, яка потребує налаштування. Простіше і ефективніше використовувати ОП з відповідною напругою зсуву. В цьому випадку відпадає необхідність в налаштуванні нуля. Крім того, ОП з низькою напругою зсуву як правило мають і нижчий дрейф цього параметра.

Вхідний струм зсуву. Якщо в інвертувальному підсилювачі один з виходів заземлений, то навіть за умови ідеального налаштування (тобто напруга зсуву дорівнює нулю), на виході підсилювача буде присутня відмінна від нуля вихідна напруга. Це відбувається через струм зсуву, який створює падіння напруги на резисторах. Він породжує зсув виходу, визначуваний як:

$$U_{\text{вх}} = K \cdot I_{\text{вн}} \cdot \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} \quad (1.5)$$

Для забезпечення погрешності за рахунок струму зсуву, меншої 1 мВ необхідний ОП із струмом зсуву:

$$I_{\text{вн}} \leq \frac{0,001\text{В}}{50000\text{Ом}} = 0,2\text{мкА}$$

Вхідний струм зсуву. Цей параметр обумовлений асиметрією вхідних струмів ОП, але вхідний струм зсуву як правило менше вхідного струму зсуву в 10 – 20 разів і в даному випадку їм можна нехтувати.

Швидкість наростання ОП. Оскільки ОП працюватимуть з низькочастотними сигналами, цей параметр не має в даному випадку визначального значення.

Вихідний струм. У зв'язку з тим, що вихідний струм операційного

підсилювача обмежений, розмах вихідної напруги на низькоомних навантаженнях також обмежений, але це не приведе до появи погрешностей, оскільки навантаженням першого ОП є другий ОП з вхідним опором порядку 10 кОм, а навантаженням другого ОП є АЦП, вхідний опір якого також складає 10 кОм.

Коефіцієнт підсилення при розглянутому ланцюзі зворотного зв'язку. Значення цього параметра немає необхідності враховувати, оскільки коефіцієнти підсилення першого і другого ОП рівні відповідно 1 і 0,71, а частота оброблюваного сигналу дуже мала.

Виходячи з вищевикладених вимог, слідє висновок про необхідність використання прецизійних ОП, оскільки лише вони можуть забезпечити необхідні параметри (в основному – мала напруга зсуву). Існує досить багато ОП, відповідних встановленим критеріям, – вітчизняних і імпортих. Але треба відзначити, що недоцільно застосовувати мікросхеми з параметрами, набагато кращими потрібних, оскільки це приведе лише до неоправданих витрат.

Таблиця 13. Електричні параметри ОП ОР27 (при $U_M = \pm 15$ В, $R_M = 2$ кОм)

Параметр	не менше	не більше
Максимальна вихідна напруга, В	± 12	–
Напруга зсуву, мкВ	–	± 30
Струм зсуву (вихідний струм), нА	–	± 40
Струм зсуву (різниця вихідних струмів), нА	–	25
Струм споживання, мА	–	4,7
Коефіцієнт посилення напруги, тис.	1000	–
Макс. синфазна вхідна напруга, В	± 11	–
Частота одностороннього підсилення, МГц	3	–
Коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу, дБ	–	114
Параметр	не менше	не більше
Напруга живлення, В	$\pm 13,5$	$\pm 16,5$
Опір навантаження, кОм	2	–
Синфазна вхідна напруга, В	–	± 10
Температура навколишнього середовища, °С	-10	+70

Найбільш відповідним представляється ОУ ОР27 фірми ANALOG DEVICES. Це прецизійний підсилювач з низькою вхідною напругою шуму,

внутрішньою частотною корекцією і високим коефіцієнтом підсилення напруги [9]. Особливістю жми даного ОП є: мала напруга зсуву, широкій діапазон напруги живлення, високий коефіцієнт посилення (1 млн.). Електричні параметри ОП і граничні режими експлуатації приведені відповідно у таблиці 1.3.

1.3.4 Захист АЦП

Використання мікросхеми АЦП має деякі особливості. Так, сигнали на її входи рекомендується подавати в наступній послідовності: напруга живлення, сигнали на керувачі входи, вхідний аналоговий сигнал. Можна подавати вищезазначені сигнали одночасно [6]. Оскільки у вхідному панелі використовуються ОП, через які проходить вхідний аналоговий сигнал, то проблема вже частково вирішена. Тобто вхідний сигнал на АЦП надходить лише після появи живлення, оскільки для живлення АЦП і ОП використовуються одні і ті ж джерела живлення. Проте, необхідно це захистити АЦП по входу "Гасіння і перетворення". Для цього можна звичайно використовувати вимикач живлення, з додатковою групою контактів для розриву цієї лінії цифрового входу керування, але це не вирішує проблему, оскільки можливий вхід АЦП з ладу при відключенні напруги живлення, оскільки подача на його вхід цифрового керувачого сигналу при цьому не припиняється. Така ситуація може виникнути, наприклад, якщо при працюючому пристрої відбувається відключення живлення симулятора, а на цифровий вхід АЦП "Гасіння і перетворення" поступає сигнал з ПК. Проблема вирішується подачею сигналу з ПК на вхід АЦП "Гасіння і перетворення" через логічний вентиль НЕ (мікросхема SN74ALS04) [10]. Вибір даної серії обумовлений її зниженим енергоспоживанням, що є істотним, оскільки при великих струмах споживання на стабілізаторі напруги А7805Т виділяється велика потужність. Завдяки тому, що мікросхема SN74ALS04 живиться від того ж джерела що і АЦП, при відключенні цього джерела станеться і припинення подачі цифрового сигналу на вхід АЦП.

В результаті можна проводити ввіччення і вивіччення розробленого пристрою незалежно від ввіччення симулятора і ПК.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зм.	Арк.	№ розг.	Підп.	Дата		33

1.3.5 Проектування джерела живлення і пристрою індикації

Згідно технічному завданню, живлення проектованого пристрою необхідно здійснювати від джерел живлення симулятора напругою ± 15 В. Для мікросхем АЦП AD571 і SN74ALS04 потрібне джерело живлення напругою +5 В. Отримання даної напруги проводиться з напруги +15 В. Для цього використовується мікросхема стабілізатора напруги A7805T, що забезпечує вихідну напругу $+5 \pm 0,1$ В. Максимальна вихідна напруга мікросхеми складає 15 В, максимальний вихідний струм дорівнює 2 А [11].

На стабілізаторі напруги KP142EN5A падатиме значна напруга, що дорівнює 10 В. Тому необхідно перевірити, чи не перевищує розсіювана даною мікросхемою потужність допустиму. Знаючи, що сумарний струм споживання АЦП і інвертора дорівнює $10 + 4 = 14$ мА, визначимо розсіювану потужність:

$$P = I \cdot U = 0,014 \cdot 10 = 0,14 \text{ Вт}; \quad (1.6)$$

Це набагато нижче за максимально допустиму розсіювану потужність стабілізатора. З метою поліпшення перехідних процесів на виході стабілізатора використовується конденсатор ємністю 0,1 мкФ.

Для індикації включення живлення в пристрої передбачений індикатор на світлодіоді. В якості індикатору використовується світлодіод зеленого світла АЛЗ36В. Визначимо номінал струмодавчого резистора для світлодіода. Можна було б живити індикатор від +5В, але при цьому зростає розсіювана потужність на стабілізаторі напруги. Тому живитися індикатор буде безпосередньо від -15 В (випір позитивного джерела обумовлений прагненням забезпечити рівність споживання струму від обох джерел живлення. Оскільки падіння напруги на використовуваному світлодіоді складає 2,8 В, а номінальний струм споживання рівний 10 мА, номінал резистора визначається як:

$$R = \frac{15 - 2,8}{0,01} = 1220 \text{ Ом}, \text{ об'ємо найближче значення } 1200 \text{ Ом}.$$

Потужність, що виділяється на даному резисторі визначається як:

$$P = I^2 \cdot R = 0,01^2 \cdot 1200 = 0,12 \text{ Вт}. \quad (1.7)$$

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	Лист
Зм.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		30

Таким чином, потужність резистора має бути не менше 0,125 Вт. Проте, для забезпечення більшої надійності, застосовуватиметься резистор з розсіюванню потужністю 0,25 Вт.

Остаточна електрична принципова схема розробленого пристрою сполучення рентгенівського симулятора з ПК наведена на рис. 1.11.

Після перетворення аналогового сигналу від датчика положення гантрі рентгенівського симулятора в цифрову форму за допомогою АЦП та його передачу до ПК по шлукі USB виникає необхідність в програмній обробці отриманого цифрового сигналу.

Програмне забезпечення симулятора служить для захоплення відеопослідовності, що отримується з порту від симулятора. Далі, отримані відеодані мають бути перетворені у відомості про внутрішню структуру сканованого об'єкту (тіла людини) з можливістю реконструкції в різних перетинах. Для отримання цієї можливості необхідно запуснути і зупинити програму захоплення відеопослідовності при досягненні гантрі симулятора певних кутів повороту. Отримані двовимірні знімки об'єкту далі мають бути реконструйовані в тривимірне зображення за допомогою відповідного програмного забезпечення (не розглядається в рамках даного проекту).

1.4 Розробка блок-схеми алгоритму роботи симулятора

Виходячи з призначення програмного забезпечення рентгенівського симулятора, можна сформулювати основні вимоги до нього. Програмне забезпечення має вирішувати декілька задач:

1. Через певні моменти часу проводити зчитування даних, що видаються аналого-цифровим перетворювачем;
2. Перетворювати ці дані (10-розрядне двійкове число) в значення кута повороту гантрі симулятора;
3. Залежно від кута повороту захоплювати відеопослідовність;
4. Перенесення отриманих даних на вектор та їх подальший аналіз.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	стор.
Зм.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата		36

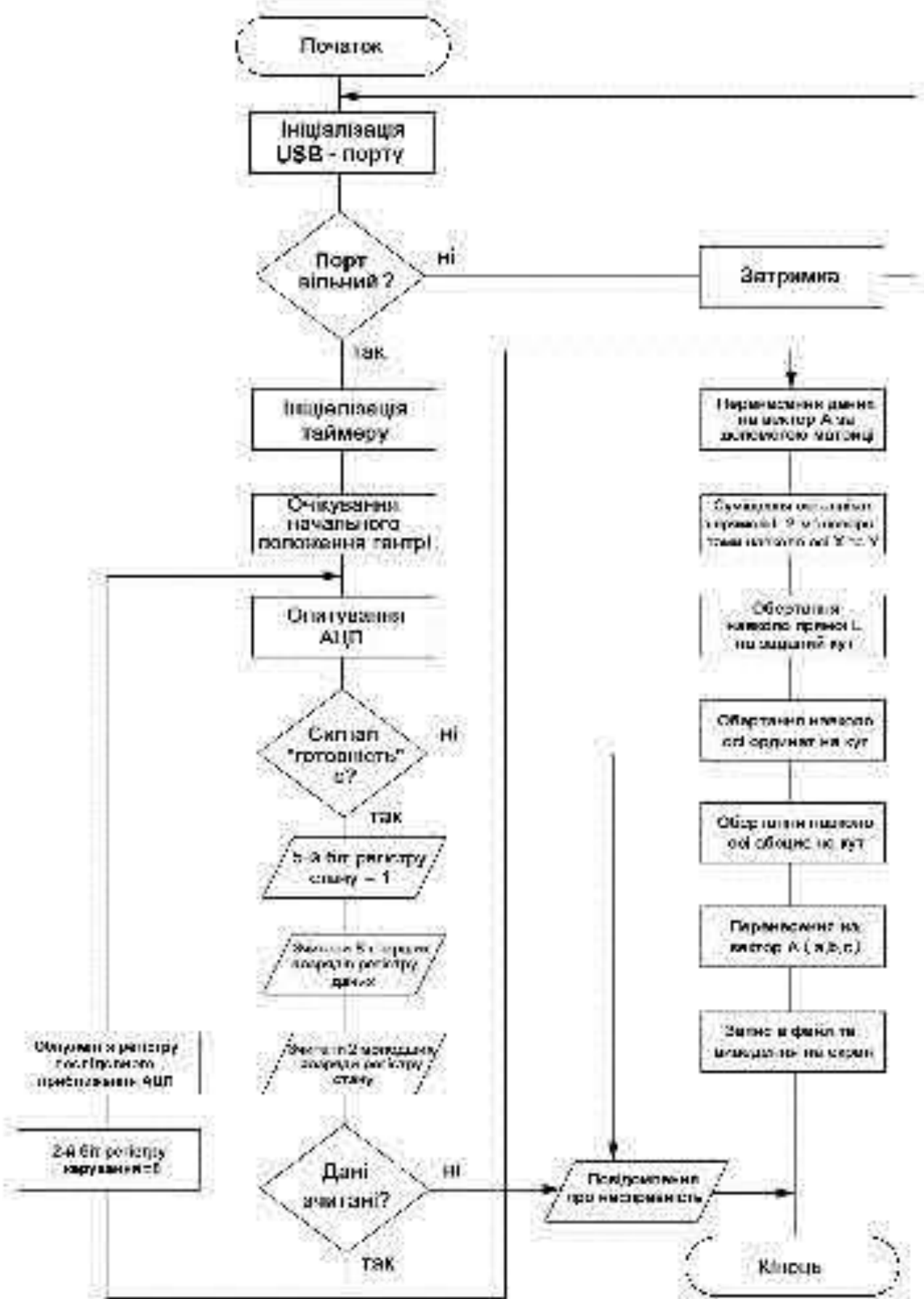


Рисунок 1.12. Узагальнена блок-схема алгоритму роботи програмного забезпечення стимулятора

Узагальнена схема алгоритму програми представлена на рис. 1.12. Для звернення до порту USB і зчитування даних від АЦП використовуються керувачі асемблерні команди (див. Додаток А).

15 Реалізація обміну даними з АЦП

ПЗ симулятора має зчитувати дані, вироблені АЦП через певні проміжки часу. Прийнятним способом забезпечення цього є опит АЦП по таймеру. Взаємодія з АЦП реалізується таким чином. Після прийому програмового повідомлення від таймера, проводиться перевірка готовності даних, що отримуються від АЦП, шляхом перевірки його сигналу "Тотожність". Він поступає на п'ятий біт регістра стану. Тому, після зчитування його значення відбувається подальша робота з АЦП лише при рівності цього біта одиниці. Необхідно відзначити, що час перетворення АЦП набагато менше частоти його опитування, тому, при коректній роботі АЦП, коли проходить по повідомлення від таймера, цикл перетворення АЦП має бути закінченим у будь-якому випадку. Тому, при виявленні неготовності даних АЦП, видається відповідне діагностичне повідомлення, що сигналізує про несправність. За наявності готовності АЦП програма проводить зчитування 8-ми старших розрядів коду з регістра даних і двох молодших розрядів з регістра стану. Далі необхідно запустити АЦП на наступний цикл перетворення. Для цього програма встановлює на другому біті регістра керування (він підв'язаний до виходу АЦП "Гасіння і перетворення") значення логічної одиниці шляхом запису в другий біт регістра керування нуля (оскільки цей біт є інверсним). Цю дію викликає гасіння інформації, що міститься в регістрі послідовного наближення АЦП, тобто він стає готовим до прийому і обробки даних. Після необхідної затримки програма встановлює цей біт в одиницю, що приводить до появи на лінії "Гасіння і перетворення" нуля, – АЦП починає новий цикл перетворення.

Розрахуємо інтервал опитування АЦП, необхідний для забезпечення заданої точності. Оскільки гантри здійснює повний оборот (360) градусів за 40 секунд, то час t , необхідний для проходження 0,5 градуса обчислюється так:

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	стор.
Зм.	Апр.	№ докум.	Підп.	Дата		12

$t = \frac{40 \cdot 0,5}{360} \approx 0,05 \text{ с}$. З цього слідує висновок про необхідність опитування АЦП

через кожні 0,05 с, тобто інтервал таймеру встановлюється рівним 50 мс. Взагалі, як було показано вище, вибраній 10-розрядній АЦП допускає точність до 0,35 градуса. Але, програмно цієї і вищої точності (при встановленій швидкості обертання гантрі) добитися не вдасться у зв'язку з системним обмеженням мінімального інтервалу таймера, а також через затримки прибуття повідомлень від таймера.

1.6 Запуск і зупинка ПЗ для захоплення в ідеопослідовності

Отримане за вищенаведеними формулами значення кута порівнюється з заданими величинами запуску і зупинки. Програма забезпечує запуск сканування при проході встановленого значення запуску в напрямку встановленого значення зупинки. Наприклад, якщо кут запуску дорівнює 270 градусам, а кут зупинки – 90 градусам, то стартове повідомлення керування програма прийме при проході гантрі кута 270 градусів в напрямку 260 градусів; а повідомлення про зупинку буде згенеровано при проході кута 90 градусів в напрямку до 80 градусів. В інших випадках (інший напрямок обертання гантрі) нічого не станеться. Для здійснення цих дій не обхідне застосування ефективного алгоритму, що дозволить проводити всі необхідні дії за найкоротший час. Це потрібно для зведення до мінімуму часу захоплення системних ресурсів програмою, з метою мінімальних перешкод програмі захоплення відеопослідовності.

Інша проблема полягає у активізації і зупинці програми захоплення відеопослідовності. Дана програма поставляється як програмне забезпечення відеобластера, і, відповідно немає ніякої можливості підняти її під розроблювану програму. Отже, необхідно підлаштувати під неї розроблювану програму.

Програма захоплення відеопослідовності для запуску і зупинки захоплення вводить вікно. У вікні присутні дві кнопки: "Ok" і "Cancel". При натисканні мишею на кнопку "Ok" відбувається початок захоплення відеопослідовності, зупинка захоплення відбувається при натисканні на кнопку "Cancel". Крім того

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	стор.
Зл.	Арк.	№ розд.	Пісн.	Дата		30

введення по кнопці "Ok" еквівалентне натисканню клавіші "Enter", а результат введення по кнопці "Cancel" відповідає результату при натисканні клавіші "Escape". З цього випливає висновок про єдино можливе рішення поставленої задачі: необхідно будь-яким програмним способом емулювати натискання кнопок у вікні або клавіш на клавіатурі. Кнопки в діалоговому вікні можливо натиснути лише шляхом посилки їм повідомлень за допомогою функції API Windows SendMessage. Ця функція має кілька наступних параметрів: hWnd – дескриптор вікна, якому надсилається повідомлення; Msg – вид повідомлення, що посилляється, в даному випадку він дорівнює WM_KeyDown [10]. Однак застосування цієї функції представляє труднощі: необхідно визначити дескриптор вікна, якому надсилається повідомлення. Більш простим і ефективним способом є емуляція натискання клавіш на клавіатурі. Єдиним способом це зробити є використання слабо документованої функції Windows – keybd_event. Функція має чотири параметри: bVk – віртуальний код клавіші, bScan – скан-код клавіші, dwFlags – значення, що визначають варіанти використання функції, dwExtraInfo – додаткові дані, асоційовані з функцією. Ця функція безпосередньо викликається клавіатурним драйвером після натискання на клавішу, при цьому, а також при спробі застосувати цю функцію без параметрів, вона зчитує необхідні їй дані із стека. При використанні функції в розробляється програмі їй передається єдиний параметр – віртуальний код клавіші, а інші параметри обнуляються. Віртуальний код клавіші встановлюється в значення vk_Return, при емуляції натискання на Enter, і vk_Escape, при емуляції натискання на Escape.

Початковий код ПЗ симулятору для захоплення відеопослідовності, складений на мові Delphi у RAD Studio, наведений у додатку (див. Додаток Б).

1.7 Налаштування симулятору за допомогою ПЗ

Відомо, що будь-які елементи мають розкид параметрів. Тому, використання динамічного діапазону АЦП може бути неповним або навіть, може призвести до перевантаження його аналогового входу. Для регулювання

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зл.	Арк.	№ розд.	Підп.	Дата		ад

використання динамічного діапазону АЦП служить резистор R6 (див. рис. 1.11). Змінюючи його опір, можна змінювати максимальну напругу на вході АЦП, і тим самим змінювати коефіцієнт використання динамічного діапазону перетворювача. Необхідність цього виникає при налаштуванні виготовленої схеми. Звичайним рішенням є установка гантрі симулятора в крайнє положення (відповідне максимально можливого входного аналогового сигналу) і досягнення напруги повної шкали на вході АЦП, шляхом зміни опору регульовального резистора з одночасним виміром напруги на вході АЦП. Однак навіть вимірювати напругу, коли АЦП по суті вже сам його виміряв. Тому налаштування використовуюваного динамічного діапазону АЦП здійснюється аналізом його вихідного коду. Для цього запустивши програму на виконання необхідно вибрати на сторінці "Налаштування" пункт "Діапазон АЦП" (див. рис. 1.13) і натиснути кнопку налаштувати.

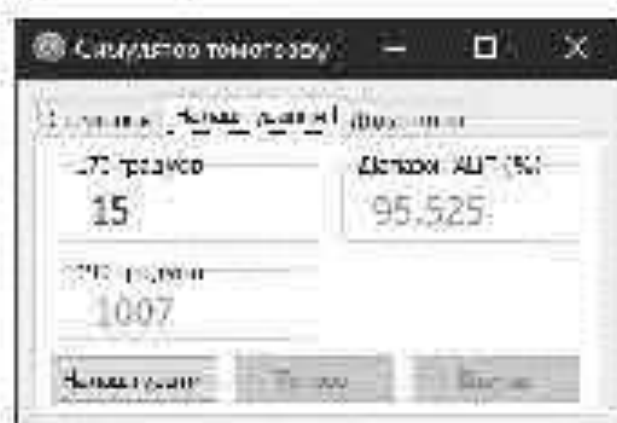


Рисунок 1.13. Сторінка "Налаштування" діалогового вікна програми

Після цього гантрі встановлюється в положення 190 градусів (дійсно, немає ніякої необхідності встановлювати її в крайнє положення). На екрані в цей час відобразиться коефіцієнт використання динамічного діапазону АЦП в процентах $AcpUsed$, обчислення якого здійснюється за формулою:

$$AcpUsed = \frac{N}{1024 \cdot \frac{350}{360}} \cdot 100\% \quad (1.8)$$

Далі, зменшуючи опір регульовального резистора (з положення максимального опору) треба домогтися використання приблизно 99% діапазону

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зл.	Арх.	№ роз'ял	Підп	Дата		а/

АЦП. При зменшенні коефіцієнта використання можливостей АЦП буде зростати похибка визначення кута повороту гантрі. Однак, цей коефіцієнт, хоч він і запам'ятовується програмою (виключно для інформації), на процес визначення кута повороту гантрі не впливає, тому що після настройки використання динамічного діапазону, проводиться налаштування програми.

Для правильного функціонування програми необхідно налаштувати її. Налаштування здійснюється шляхом установки гантрі симулятора послідовно в два задані положення, зі зчитуванням і запам'ятовуванням коду, що видається АЦП в цих положеннях. Необхідність даного налаштування визначається наявністю напрути зсуву у елементах схеми (операційних підсилювачів і аналого-цифрового перетворювача). Для зменшення похибок у жості положень гантрі обрані два кути: 170 і 190 градусів, хоча, в принципі це могли бути будь-які кути. Крайні положення у 180 градусів (при повороті гантрі в одну і потім в іншу сторону) не були обрані виключно для зручності налаштування і виключення неоднозначності, яка могла б привести до неправильної налаштування. Налаштування здійснюється наступним чином. Запустивши програму, треба вибрати сторінку блоку "Налаштування", потім опцію "170 градусів", і натиснути кнопку "Налаштувати" (рис. 1.13). У цей час програма починає опитування АЦП за таймером і постійно відображає на екрані код, що виробляється АЦП. Тепер необхідно встановити гантрі симулятора в положення 170 градусів і натиснути кнопку "Готово". Перед тим як зберегти налаштування, програма попросить користувача підтвердження вибору налаштування. Вихід з процесу налаштування без збереження налаштувань можливий і при натисканні на кнопку "Скасувати". Після підтвердження здійсненої настройки, програма зберігає її у вигляді глобальної змінної. Аналогічним чином відбувається процес налаштування в положенні гантрі в 190 градусах.

Як було сказано, виконані налаштування зберігаються в змінних програми. Власне в змінних зберігаються значення коду, що виробляється АЦП, при кутах повороту гантрі 170 і 190 градусів. Ці значення використовуються для обчислення дійсного стану гантрі, вираженого безпосередньо в градусах. Вище

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зл.	Арк.	№ розд.	Підп.	Дата		а/

був показаний спосіб визначення положення гантри, і в формулах фігурували змінні Grd і Nul . Їх значення визначаються виходячи з налаштувань наступним чином:

$$Nul = \frac{AcpHh - AcpLo}{2} + AcpLo \quad (1.9)$$

$$Grd = \frac{160}{AcpHh - AcpLo} \quad (1.10)$$

де: Nul – значення вихідного коду, що виробляється АЦП, коли гантри сенсулятора знаходиться в положенні 0 градусів; Grd – кількість градусів у одному відліку АЦП; $AcpHh$ – код, вироблений АЦП, при положенні гантри 190 градусів; $AcpLo$ – код, вироблений АЦП, при положенні гантри 170 градусів.

На сторінці "Додатково" вікна програми, є можливість додаткових налаштувань (див. рис. 1.14). Так програма допускає зміну інтервалу таймера і вибір використовуваного порту. Можливість зміни інтервалу таймера дозволяє, при необхідності, проводити коригування частоти опитування АЦП для забезпечення нормального спільного функціонування даної програми і програмного забезпечення відеобластера. Зміна використовуваного порту дозволяє підключати апаратну частину пристроїв до будь-якого порту USB.



Рисунок 1.14. Сторінка "Додатково" діалогового вікна програми

Необхідно відзначити, що робити налаштування програми не обхідно тільки зміни налаштування схеми на динамічний діапазон АЦП. Дані про налаштування програми, про використання динамічного діапазону АЦП, а також кути запуску і зупинки програми захоплення відео слід зберігати в іні-файлі.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	стор.
Зм.	Арх.	№ роз'ясн.	Підп.	Дата		а3

1.8 Робота з програмним забезпеченням симулятору

Програму обробки даних можна запуснути як до, так і після ввімкнення пристрою сполучення. Перед першим використанням, а також після зміни використовуваного динамічного діапазону АЦП (шляхом налаштування апаратної частини) програма потребує налаштування. Налаштування проводиться при положеннях гантри 170 і 190 градусів. Необхідність в налаштуванні може виникнути і при втраті файлу налаштувань, що зберігається в каталозі Windows. Якщо файл з налаштуваннями відсутній в даному каталозі, а також якщо налаштування невірні (при завантаженні файлу відбувається перевірка їх коректності) видається попередження, в якому оператору пропонується зробити налаштування програми. Діалогове вікно програми на сторінці "Стеження" показано на рис. 1.15.



Рисунок 1.15. Діалогове вікно програми на сторінці "Стеження"

Після запуску сторінка блокуєта Стеження є активною (див. рис. 1.15). Вона містить два поля редагування і дві кнопки – "Старт" і "Стоп". Якщо програма налаштована, то можна робити дослідження. Моменти запуску і зупинки програми записування відеопослідовності вводяться безпосередньо в градусах в двох полях редагування. Після втрати фокусу полем редагування відбувається перевірка коректності введеного значення, в разі некоректного його введення (наприклад куту запуску і зупинки рівні) відображається відповідне повідомлення і відно вивіється попереднє значення. Запуск і зупинка стеження за кутом повороту гантри впробляється відно відно кнопками "Старт" і "Стоп". При

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зл	Арх	№ розгум	Пісн	Дата		00

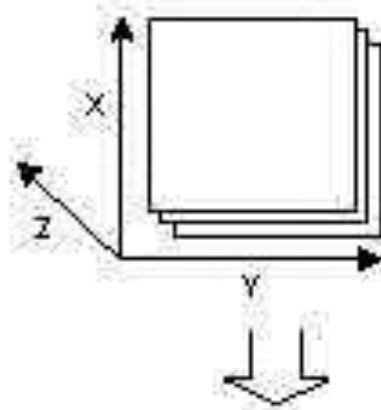
активізації стеження (натискання на кнопку "Старт"), відбувається блокування сторінки налаштувань для усунення можливості їх зміни. Аналогічно, і в процесі налаштування неможливо виконувати стеження. У процесі спостереження відбувається безперервне (по таймеру) зчитування даних про положення гантрі симулятора і порівняння їх з кутами запуску і зупинки захоплення відеопослідовності. При виявленні перевищення куту повороту гантрі з заданого кута початку захоплення емулюється натискання на клавішу "Enter", а після проходження заданого кута кінця захоплення емулюється натискання на "Escape". У режимі сканування в правій нижній частині вікна безперервно відображається кут повороту гантрі симулятора. Необхідною умовою правильного функціонування системи є наявність активного діалогового вікна програми захоплення відеопослідовності. Крім того в фокусі повинна знаходитися кнопка, що відповідає за старт цієї програми (це відбувається автоматично при введенні вікна). При виконанні даних умов емульовані натискання на клавіші "Enter" і "Escape" приведуть до запуску і зупинки захоплення відеопослідовності при досягненні гантрі симулятора певних (заданих) кутів. Для забезпечення вищезазначених подій необхідно після запуску стеження за кутом повороту гантрі (натискання на кнопку "Старт") провести активізацію вікна запуску і зупинки програми захоплення відеопослідовності. Потім можна здійснювати рентгеноскопів об'єкта джерелом і приймачем рентгенівського випромінювання, що обертаються, які розташовані на протилежних кінцях гантрі. Запис одержуваного зображення почнеться і закінчиться в задані моменти, тобто при заданих кутах повороту гантрі. Після закінчення роботи з програмою її необхідно закрити, при цьому відбудеться збереження налаштувань, а також кутів початку і кінця запису зображення.

1.9 Відновлення тривимірного зображення

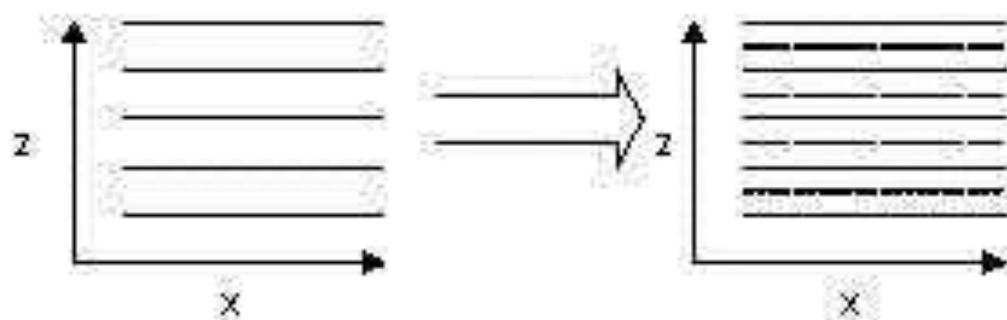
В процесі проведення досліджень на комп'ютерному рентгенівському томографі вводиться пакет зображень (зрізів), які несуть в собі точну метрологічну інформацію. Принцип роботи КТ передбачає отримання зрізів з точно вимірним кроком.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зл.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		а3

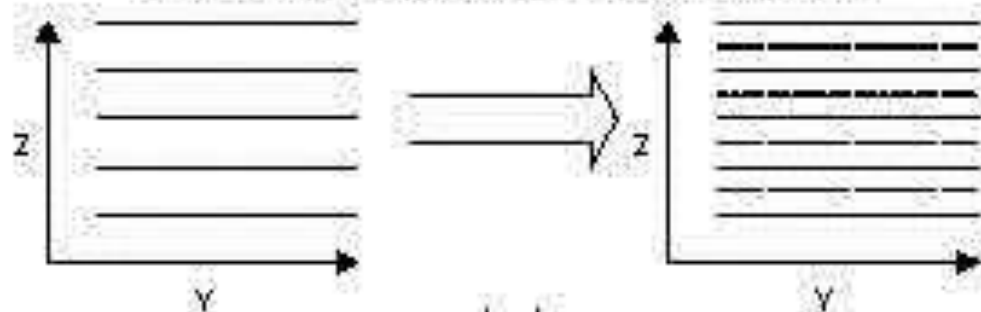
Початковий набір зрізів (зображень)



Знаходження проміжних значень по осі X



Знаходження проміжних значень по осі Y



Знаходження додаткових зрізів і будівництво 3-вимірного зображення

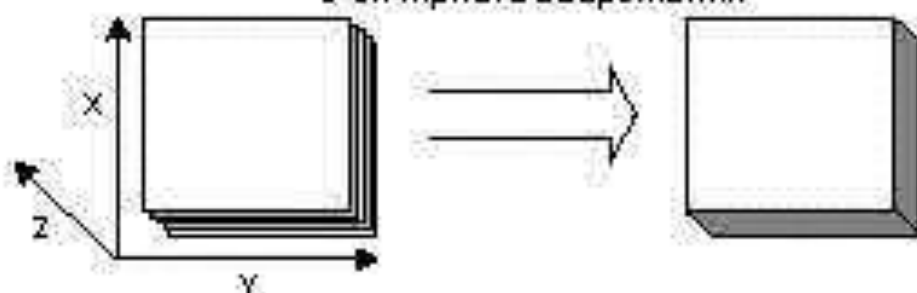


Рисунок 1.16. Структурна схема відновлення тривимірного зображення

Зм.	Арк.	№ розд.	Підр.	Дата

КС 55.19 000.00 ДП ПЗ

ЛРС
аб

За наявності чималої кількості зрізів і знавчи крок, з яким вони проводилися, можна відновити 3-вимірне зображення досліджуваного об'єкту. Це може бути необхідно для надання інформації про форму і структуру об'єкту.

Загальна схема побудови 3-вимірного зображення представлена на рис. 1.16. У зв'язку з тим, що відстань між зрізами значно більша, ніж відстань між крапками (пікселями) на самому зрізі, то використовується алгоритм побудови додаткових, проміжних зрізів. Додаткові зрізи виходять шляхом знаходження середньарифметичних значень крапок попереднього і подальшого зрізу.

В результаті ми отримуємо тривимірну матрицю, за допомогою якої відновлюється 3-вимірне зображення. Тривимірна матриця дозволяє проводити додаткові операції (зрізи, вирізи, переміщення в просторі) для відображення внутрішньої структури досліджуваного об'єкту.

Можна використовувати серйозніші алгоритми знаходження середніх значень точок проміжних зрізів використовуючи функції згладжування (наприклад: згладжування за допомогою ковзаючої медіани або використовувати симетричну лінійну процедуру згладжування методом найменших квадратів за правилом k-найближчих сусідів, щоб виконати локальну лінійну апроксимацію початкових даних). У Додатку В наведений пакет зрізів, з яких може бути проведене відновлення тривимірного зображення.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зл	Арк.	№ розг.	Підп.	Дата		дТ

2 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Метою даних розрахунків є обчислення вартості виконання науково-дослідної роботи «Розробка програмно-апаратних засобів на базі рентгенівського симулятора для реконструктивної томографії». У дипломній роботі було запропоновано спроектувати рентгенівський симулятор.

Даний вид проекту відноситься до науково-дослідницької розробки. Оцінка якості розробленого проекту включає визначення трудомісткості і вартості його створення.

Розрахунок трудомісткості НДР здійснений в наступній послідовності:

1) Складений перелік всіх етапів і видів робіт, які необхідно виконати в ході даної НДР. Після узгодження з керівником проекту допущено виключення, доповнення, об'єднання окремих етапів і видів робіт;

2) По кожному виду робіт визначений кваліфікаційний рівень виконавців. Перелік етапів і робіт, що виконуються при проведенні НДР, приведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Розподіл робіт по етапах і видах виконавців

Етап проведення НДР	Вигляд робіт	Посада виконавця
Розробка технічного завдання (ТЗ)	1. Складання і затвердження ТЗ для НДР по розробці «рентгенівського симулятора»	Дипломник, керівник
Вибір напрямку дослідження	1. Збір і вивчення науково-технічної літератури. 2. Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняльна оцінка. 3. Вибір напрямку проведення досліджень	Дипломник, керівник

	4. Розробка плану проведення досліджень для подальшої роботи.	
Теоретичні і експериментальні дослідження	<p>1. ПОСТАНОВА ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ</p> <p>2. Розробка структурної схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятору з ПК.</p> <p>3. Розробка принципової електричної схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятору з ПК.</p> <p>3.1 Включення аналого-цифрового перетворювача</p> <p>3.2 Обмеження рівня вхідного аналогового сигналу</p> <p>3.3 Узгодження вхідного сигналу</p> <p>3.4 Захист АЦП</p> <p>3.5 Проектування джерела живлення і пристрою індикації</p> <p>4. Розробка блок-схеми алгоритму роботи симулятору.</p> <p>5. Реалізація обміну даними з АЦП</p> <p>6. Запуск і зупинка ПЗ для захоплення відеопослідовності</p> <p>7. Налаштування симулятору за допомогою ПЗ</p> <p>8. Робота з програмним забезпеченням симулятору</p> <p>9. Відновлення тривимірного зображення</p> <p>10. Економічна частина</p> <p>11. Охорона праці</p>	Дипломник: керівник: консультанти
Узагальнення і	1. Узагальнення результатів	Дипломник

Зл.	Арк.	№ розд.	Підп.	Дата

КС 55.19.003.00 ДП ПЗ

ЛРС
09

оцінка результатів досліджень	2. Оцінка повноти вирішення поставлених завдань. 3. Складання і оформлення звіту. Розгляд результатів проведеною НДР і прийняття результатів в цілому.	керівник консультанти
-------------------------------------	---	--------------------------

Оцінка тривалості виконання робіт розраховується на основі вірогідних оцінок робіт, що задаються виконавцями.

Таблиця 2.2 Очікувана трудомісткість робіт

Вигляд роботи	Очікуваний час виконання (дні)
1. Складання і затвердження ТЗ для НДР	1
2. Збір і вивчення науково – технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів.	2
3. Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняльна оцінка.	1
4. Постановка проблеми та шляхи її вирішення	1
5. Розробка структурної схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятора з ПК	2
6. Розробка принципової електричної схеми пристрою сполучення рентгенівського симулятора	3
7. Включення аналого-цифрового перетворювача	2
8. Обмеження рівня вхідного аналогового сигналу	0.5
9. Узгодження вхідного сигналу	0.5
10. Захист АЦП	1
11. Проектування джерела живлення і пристрою індикації	1

Зм.	Арх.	№ розг.	Підп.	Дата

КС 55.19.003.00 ДП ПЗ

стор.
50

12. Розробка блок-схеми алгоритму роботи симулятора.	2
13. Реалізація обміну даними з АЦП	1
14. Запуск і зупинка ПЗ для захоплення відеопослідовності	1
15. Налаштування симулятора за допомогою ПЗ	1
16. Робота з програмним забезпеченням симулятора	2
17. Відновлення тривимірного зображення	1
18. Економічна частина	0.5
19. Охорона праці	0.5
Всього:	24

Розрахунок собівартості і ціни виконання НДР. Виходячи з особливостей створення науково – технічної продукції і її залежності від інтелектуальної праці, розрахунок собівартості і ціни виконання НДР включає наступні статті витрат: витрати на матеріали, основна і додаткова заробітна плата, відрахування до єдиного соціального фонду страхування, витрати на роботи, що виконуються сторонніми організаціями, і деякі інші.

1) Витрати на матеріали складають 70 грн. (Папір А4)

2) До витрат «Основна заробітна плата» відносяться оплата праці виконавців, безпосередньо призначених до її виконання. Розмір основної зарплати встановлюється виходячи з чисельності різних категорій виконавців, трудомісткості, що витрачається ними на виконання різних видів робіт, а також їх середньої заробітної плати (ставки) за один робочий день. Відповідно до статті 8 «Закону про Державний бюджет України на 2021» встановлено мінімальну заробітну плату у місячному розмірі з 1 січня 2022 року - 6500 гривень, мінімальну погодинну тарифну ставку – 39,26 грн.

Середня зарплата за один робочий день для кожного виконавця визначена по формулі:

$$Зден = п.т.с. * 8;$$

де п.т.с. – погодинна тарифна ставка, грн.;

8 – тривалість робочого дня, год.

$$Зден дипломника = 39.26 * 8 = 314,08 \text{ грн.}$$

					КС 55.19.003.00 ДП ПЗ	№
Зл	Арк	№ розд	Підп	Дата		

Зден керівника = 60 *8 = 480 грн. (55-70 грн)

Зден консультантів = 50 *8 =400 грн.

Витрати на основну заробітну плату, НДР, що включаються в собівартість, приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Витрати на основну заробітну плату

Виконавець	Погодинна тарифна ставка, грн	Денна ставка, грн	Трудомісткість робочих днів	Сума основної зарплати, грн
Дипломник	39,26	314,08	24	7537,92
Керівник	60	480	1	480
Консультант по економічній частині	50	400	0,25	100
Консультант по охороні праці	50	400	0,25	100
Нормоконтроль	50	400	0,25	100
Всього (Зо)	249,26	1994,08	25,75	8317,92

3) Витрати на додаткову заробітну плату визначаються у відсотках від основної. У наукових закладах додаткова заробітна плата складає 10-12% від основної заробітної плати.

$$Зд = 10\% * 8317,92;$$

$$Зд = 831,792 \text{ грн}$$

4) До складу собівартості НДР включаються податки, збори і інші обов'язкові платежі, встановлені системою оподаткування що діє. Відрачування до єдиного соціального внеску складає:

$$Зесв=0,22*(8317,92+8317,92);$$

$$Зесв=2012,9 \text{ грн.}$$

5) До накладних витрат відносять витрати на управління і господарське обслуговування, що відносяться до всіх виконуваних НДР. У наукових закладах накладні витрати складають 40 - 120% від основної і додаткової заробітної плати.

$$Рнакл=(8317,92+8317,92)*0,4;$$

$$Рнакл= 3659,9 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих даних по окремих статтях витрат складена калькуляція планової собівартості в цілому НДР за формов, приведеною в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Калькуляція планової собівартості

Статті витрат	Сума, грн.
1. Матеріали	70
2. Основна заробітна плата	8317,92
3. Додаткова заробітна плата	831,792
4. Відрахування до єдиного соціального внеску	2012,9
5. Накладні витрати	3659,9
Планова собівартість (Спл)	14892,5

Плановий прибуток визначений по формулі:

$$Ппл = 0,1 * 14892,5 = 1489,25 \text{ грн}$$

Де 0,1 – норматив, який враховує граничний рівень рентабельності, встановлений чинним законодавством для науково-технічної продукції.

Договірна ціна визначається по формулі

$$Цдп = 14892,5 + 1489,25 = 16381,25 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації встановлюємо з урахуванням ПДВ

$$ПДВ = 0,2 * 16381,25 = 3276,3 \text{ грн.}$$

Звідси ціна реалізації становить:

$$Цр = 16381,25 + 3276,3 = 19657,25 \text{ грн.}$$

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Забезпечення безпечних і здорових умов праці в значній мірі залежить від правильної оцінки небезпечних, шкідливих виробничих факторів.

Однакові по складності зміни в організмі людини можуть бути викликані різними причинами. Це можуть бути фактори виробничого середовища, надмірне фізичне і розумове навантаження, нервово-емоційна напруга, а також різне сполучення цих причин.

При виконанні робіт на робочому місці програміста-розробника потрібно дотримуватись встановлених вимог безпеки праці, а саме нормативно-правового акту з охорони праці (НПА ОП 0.00-7.15-18) «Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», а також НПА ОП 0.00-1.28-10 "Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин", затверджені наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 № 65.

У даному розділі ДП вирішуються питання охорони праці програміста на стадії розробки нових програмних засобів для популярних візерунків відбитків пальців. Лабораторія, у якій працює програміст знаходиться на підприємстві ТОВ «2С»

3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівника

Користувач персонального комп'ютера має значне навантаження, як фізичне (сидяче положення, навантаження на очі тощо), так і розумове, що приводить до зниження його працездатності.

Розвитку стомлюваності сприяють наступні фактори – неправильна ергономічна організація робочого місця, нерациональні зони розміщення устаткування по висоті від підлоги, характер протікання праці – чергування праці відпочинку, зміна одних форм роботи на інші.

					КС 55.19.003.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зм.	Арк.	№ розд.	Підр.	Дата		50

3.2 Розробка заходів з охорони праці

3.2.1 Вимоги до приміщень

Об'ємно-планувальні рішення будівель та приміщень для роботи з ВДТ мають відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98. Розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено.

Площа на одне робоче місце становить не менше ніж $6,0 \text{ м}^2$, а об'єм – не менше ніж 20 м^3 .

Виробничі приміщення повинні обладнуватися шафами для зберігання документів, полицями, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до плану приміщення.

У приміщеннях з ВДТ слід щоденно робити вологе прибирання. Приміщення повинні бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

3.2.2 Мікроклімат робочої зони програміста

Робота програміста за енерговитратами відноситься до категорії легких робіт категорії Іа, Іб, тому повинні дотримуватися наступні вимоги згідно ДСН 3.3.6.04299:

- оптимальна температура повітря - 22°C (допускається - $20-24^{\circ}\text{C}$);
- оптимальна відносна вологість - 40-60% (допускається - не більш 75%);
- швидкість руху повітря не більш $0,1 \text{ м/с}$.

Розташовані у приміщенні ПК виступають джерелами тепло виділень, крім того для підтримання у приміщенні в холодний період року оптимальних параметрів мікроклімату використовуються нагріті поверхні опалювальної системи.

3.2.3 Освітлення робочого місця

У більшості випадків природного освітлення на робочому місці програміста недостатньо або його зовсім немає, тому потрібно правильно вибрати джерело штучного освітлення та їх розташування. Крайнім варіантом

					КС 55.19.003.00 ДП ПЗ	ЛРС
Зм.	Арк.	№ розд.	Підп.	Дата		55

вважають люмінесцентні лампи, так як вони дають яскраве світло, схожий на денний.

Нормованим параметром природного освітлення згідно ДЕН В.2.5-28 - 2006 являється коефіцієнт природного освітлення (КПО). КПО встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт.

Робота програміста відноситься до робіт середньої точності (IV розряд зорових робіт, мінімальний розмір об'єкту розрізнення складає 0,5-1,0мм), для яких при використанні бокового освітлення КПО=1,5%.

Для штучного освітлення нормованим параметром виступає Емін - мінімальний рівень освітленості, та Кп - коефіцієнт пульсації світлового потоку, який не повинний бути більшим ніж 20%. Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для IV розряду зорових робіт вона складає 300-500 лк.

3.2.4 Організація робочого місця користувача ПК

Обладнання і організація робочого місця з ВДТ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності (ГОСТ 12 2.032-78, ГОСТ 22 269-76, ГОСТ 21 889-76).

Робочі місця слід так розташовувати відносно світових прорізів, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. При розміщенні робочих столів з ВДТ слід дотримуватися таких відстаней: між бічними поверхнями ВДТ - 1,2м; від тильної до верхньої поверхні одного ВДТ до екрану іншого - 2,5м.

Екран ВДТ має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600...700 мм, але не ближче ніж за 600 мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів.

Клавіатуру розташовують на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю, зверненого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій, який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5...15°.

					КС 55.19.003.00 ДП ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ розд.	Підр.	Дата		36

2.4 Пожежна безпека

Основними причинами виникнення пожежі в кабінеті інженера-програміста можуть бути:

- - замикання або загоряння електрообладнання, що експлуатується (монітор, принтер, клавіатура і т.д.);
- - додаткові опалювальні прилади;
- - система штучного освітлення;
- - загоряння паперових документів.

Приміщення з ЕОМ повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації відповідно до вимог Переліку однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежогасіння та пожежної сигналізації, з двома типами пожежними сповіщувачами та переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на кожні 20 кв. м площі приміщення з урахуванням граничнодопустимих концентрацій вогнегасної ріднини відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні.

В інших приміщеннях допускається встановлювати теплові пожежні сповіщувачі.

					КС 55.19.003.00 ДП ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ розд.	Підр.	Дата		37

ВИСНОВКИ

У рамках даного дипломного проекту було виконано розробку програмно-апаратних засобів на базі рентгенівського симулятора для реконструктивної томографії. Рентгенівський симулятор, таким чином, можна буде використовувати у жорсті томографу.

Розроблені програмно-апаратні засоби відстежують положення гантрі симулятора, щоб в певний момент (після досягнення гантрі певного кута) запустити і потім зупинити запис відеоряду в пам'яті ПК і перетворити його у тривимірне зображення (відносно його за двокиммірними зрізами).

Пристрій сполучення побудований на ефективній та поширеній елементній базі. Він здійснює перетворення аналогового сигналу (від датчика повороту гантрі) в цифровий, який потім через послідовний порт USB вводиться у ПК. Передбачені заходи по захисту мікросхеми аналого-цифрового перетворювача від перевищення рівня вхідного аналогового сигналу і від неодноразової подачі на неї вхідних сигналів. Живлення пристрою здійснюється від блоку живлення симулятора (використовується зовнішнє джерело напруги 15 В).

Програмна частина пристрою сполучення представляє собою візуальний Windows-додаток, створений у середовищі Embarcadero RAD Studio, який отримує дані від аналого-цифрового перетворювача через USB-порт ПК і передає у зовнішню програму для здійснення подальших перетворень в тривимірну томограму. Програмне забезпечення допускає налаштування під апаратну частину, а також задання довільних кутів початку і кінця сканування.

Таким чином розроблені програмно-апаратні засоби дозволять модернізувати рентгенівський симулятор та здійснювати його роботу у режимі комп'ютерної томографії. За допомогою апаратно-програмного комплексу, що включає пристрій сполучення симулятора з персональним комп'ютером і програму, що обслуговує цей пристрій, передбачається отримання реконструйованого зображення, аналогічного комп'ютерній томограмі.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	№
Зм.	Арк.	№ розд.	Підп.	Дата		38

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Галайдин П.А., Иванов В.А., Марусина М.Я. Расчет и проектирование электромагнитных систем магниторезонансных томографов: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. – 87 с.
2. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 132 с.
3. Дмитрий Тумайкин. Реализация интерфейса USB в микроконтроллерных устройствах. //СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА. – 2007 г, № 2, с. 34-37.
4. Агуров П. В. Интерфейсы USB. Практика использования и программирования. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004 г.
5. Агуров П. В. Последовательные интерфейсы ПК. Практика программирования. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004 г.
6. Ан П. Соединение ПК с внешними устройствами/ Пей Ан; Пер. с англ. – 2-е изд., стер. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2004. – 320 с: ил.
7. Дмитрий Чекунов. Практикум программиста USB-устройств. Расширение функций ядра USB-устройства //СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА. – 2006 г.
8. Щедрна О.І. “Алгоритмізація та програмування процедур обробки інформації” – Київ, 2001 р.
9. Кульский А.Л. Алфавит полупроводниковой схемотехники// Электрик – 2003. – №4. – С.23.
10. Озеров В. Delphi. Советы программистов. – СПб.: Символ – Плюс. 2002. – 912 с.: ил.
11. Практическое руководство по программированию / Пер. с англ. Б. Микс, П. Хит, Н. Рацби и др.; под ред. Б. Микса, П. Хит, Н. Рацби. – М.: Радио и связь, 2004. – 168 с., ил.
12. Barrett J.F., Keat N. Artifacts in CT: Recognition and Avoidance. Radio Graphics, 2004, vol.24, pp. 1679-1691.

					КС 55.19 000.00 ДП ПЗ	Лист
Зл.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59


```

söl r0,0          . dc mba0da0a0c E d /
out porc C,r0
out porc B,r23    . stnu0c0m0u d n0p0m k0c0a0b0u d p0e0l0m0p0 r23
in r0,por0a0
abl r0,0          . c0u0a0j0m0u E d 0
out porc d,r0
in r0,por0a0
söl r0,1          . dc mba0d0m0u B70K d /
out porc d,r0
ret
in 0000
ret00 d0e0l
ldl r23,J0H
ret00 &c0m          . r0b0i0c0a0a0c0a0 stnu0c k0c0a0a0d0u d p0e0l0m0p0 n0p0m0
ret00 d0e0l
ldl r23,J0H
ret00 &c0m          . r0b0i0c0a0a0c0a0 stnu0c k0c0a0a0d0u d p0e0l0m0p0 n0p0m0
ret00 d0e0l
ldl r23,J0H
ret00 &c0m
ldl r23,J0H          . dc mba0da0a0c0a0 p0e0p0t0a0d0m0a0 k0a0u0u d0e0a0u0
ret00 &c0m          . r0b0i0c0a0a0c0a0 stnu0c k0c0a0a0d0u d p0e0l0m0p0 n0p0m0
ldl r23,00H          . d0a0a0a0u0m0u d0e0l0p0e0t0a0c0a0a0
ret00 &c0m
ldl r23,01H          . c0u0a0j0m0u0u d0e0l0p0e0t0a0c0a0a0 / dc mba0d0m0u0 a0p0a0c0j0 n0p0m0a0
ret00 &c0m
ldl r23,00H          . dc mba0da0a0c0a0 k0c0n0p0t0a0c0 r0j0p0 d0n0 p0e0l0
ret00 &c0m
ret
d0e0l
        ldl r17,130          . stn0p0u0n0c0a0
l        ldl r18,200
ll       dec r18
        d0m0e0 l/
        dec r17
        d0m0e0 l
ret
n0p0d
ret00 d0e0l          . p0e0l0m0a0 stn0p0u0n0c0a0
ldl r11,F0A          . n0p0e0l0p0t0a0c0a0, q0u0c0 d p0e0l0m0p0l r10
        d0a0a0b0a0l q0u0c0a0
cp r10,r11          . k0a0j0d0 d0e0p0l0a0a0c0, m0 d0u0d0a0j0c0a0 a0d0e0m0j0a0, n0p0e0p0t0a0c0
in r29,P0n0C          . n0p0e0p0t0a0c0 c0n0u0m0j0d0a0a0k0 d0e0m0q0u0k0 n0 d0e0l0c0a0c0a0a0k0 k0b0a0m0p0l
ldl r11,F0B
cp r29,r11          . k0a0j0d0 d0e0p0l0a0a0c0, m0 d r28 stnu0c j0c0a0 d0e0p0t0a0c0, k0c0a0p0a0u0 n0p0m0 k0m0l
ldl r28,0060H
ldl r11,F7H
cp r29,r11
ldl r28,0070H
ldl r11,E0A
cp r29,r11
ldl r28,0080H
ldl r11,D0A
cp r29,r11
ldl r28,0090H
ldl r11,B0A
cp r29,r11
ldl r28,00A0H
ret00 c0p0t0a0
ret
n0p0d

```



```

If RadioGroup1.ItemIndex = 1 then LineByte = 16;
If RadioGroup1.ItemIndex = 2 then LineByte = 64;
If RadioGroup1.ItemIndex = 3 then LineByte = 128;
FindFrqz (FHandle, LineByte);
CloseHandle (FHandle);
end;

```

```

function TForm1.FindFrqz (Th: THandle; Bl: Word) real;
var

```

```

    Counter, dtabn Ckck, Ckck: Integer;
    Tme1, Tme2, Count: Double;
    Average, Frqz, SMax, SMin: Extended;

```

```
begin
```

```
    Result := -1;
```

```
    dtabn Ckck := 1;
```

```
    repeat
```

```
        If dtabn1.Lines.Count > dtabn1.Count then begin
```

```
            If dtabn1.Lines[1] = 'Προσοχή: ο αριθμός είναι > 10^9' +
```

```
                'Προσοχή: ο αριθμός είναι > 10^9';
```

```
            mConfirmatlon := (mYes, mNo);
```

```
            mYes := mYes; mNo := mNo; mYes := mYes; mNo := mNo;
```

```
            dtabn1.Lines.Clear;
```

```
        end;
```

```
        Dtabn1.Enabled := False;
```

```
        Average := 0;
```

```
        Ckck := 1;
```

```
        Counter := StrToInt (Edt1.Text);
```

```
        Tme1.Incrnal := StrToInt (Edt2.Text);
```

```
        Label8.Caption := IntToStr (dtabn Ckck);
```

```
        Panel2.Refresh;
```

```
        dtabn1.Lines.Add (Lfuka A0 := IntToStr (dtabn Ckck));
```

```
        dtabn1.Lines.Add (Cmaxm := TmeToStr (Tme1));
```

```
        dtabn1.Lines.Add (Tquadakm := StrToInt (Counter));
```

```
        dtabn1.Lines.Add (Kbarkm := StrToInt (Edt2.Text));
```

```
        If CheckBox2.Checked then
```

```
            dtabn1.Lines.Add (''' Se mepepawu uwa ''');
```

```
        dtabn1.Lines.Add ('-----');
```

```
        Fdln := 10000000000;
```

```
        Fdktz := 0;
```

```
        CheckBreak := False;
```

```
        repeat
```

```
            Count := 0;
```

```
            repeat
```

```
                Application.ProcessMessages;
```

```
            until (TreatDefmStatus (Th) and Bl = Bl) or CheckBreak;
```

```
            repeat
```

```
                Application.ProcessMessages;
```

```
            until (TreatDefmStatus (Th) and Bl = 0) or CheckBreak;
```

```
            QueryPerformanceCounter (Tme1);
```

```
            Tme1.Enabled := True;
```

```
            Repeat
```

```
                repeat
```

```
                    Application.ProcessMessages;
```

```
                until (TreatDefmStatus (Th) and Bl = Bl) or CheckBreak;
```

```
                repeat
```

```
                    Application.ProcessMessages;
```

```
                until (TreatDefmStatus (Th) and Bl = 0) or CheckBreak;
```

```
                Inc (Count);
```

```
            QueryPerformanceCounter (Tme2);
```

```
            Application.ProcessMessages;
```

```
            until Tme2 - Tme1 > Htz * Count * 0.001;
```

```
            until not Tme1.Enabled;
```

```

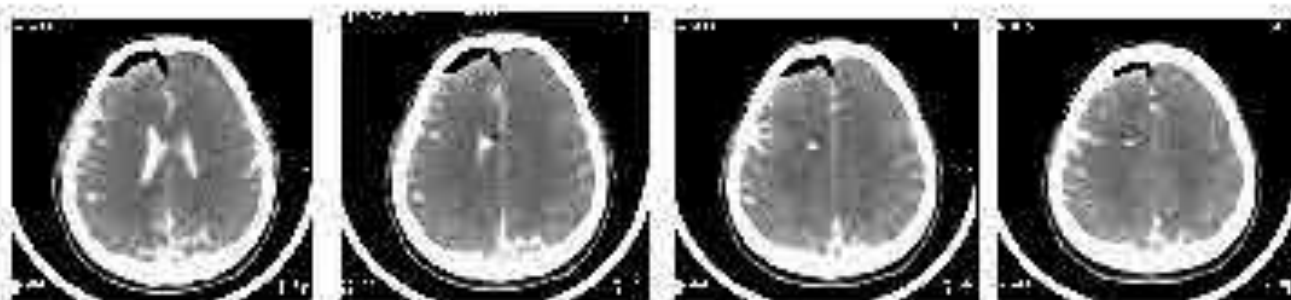
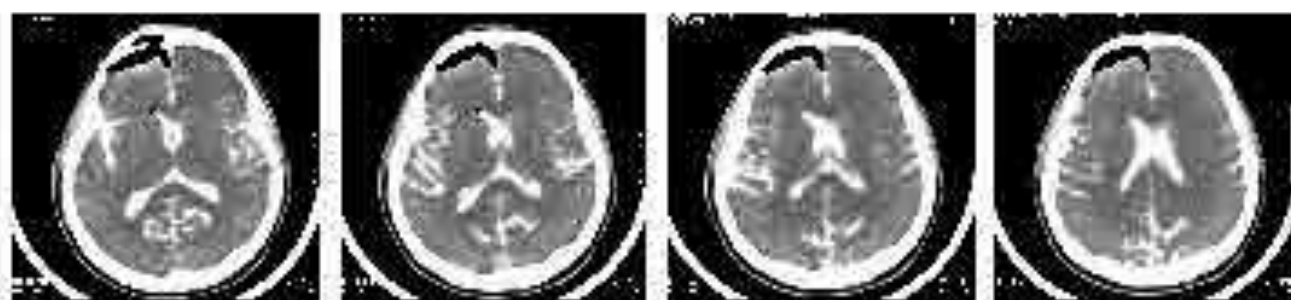
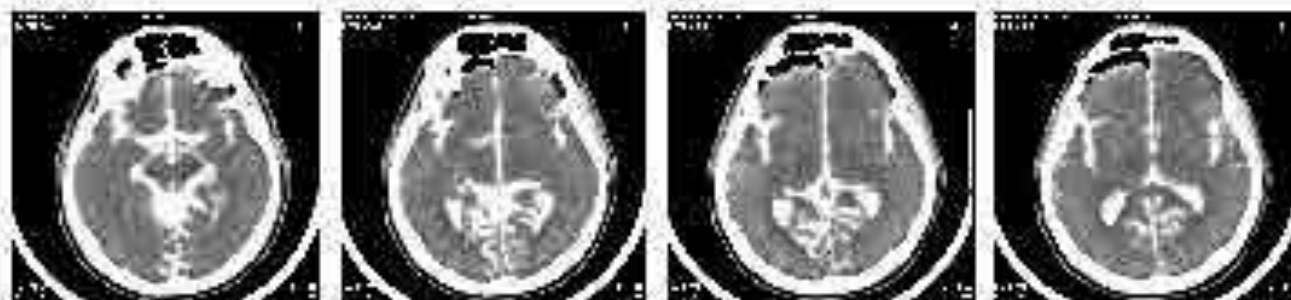
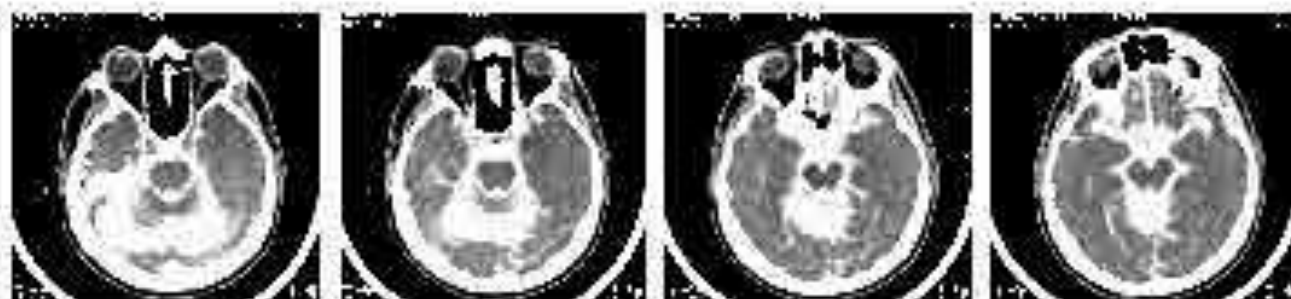
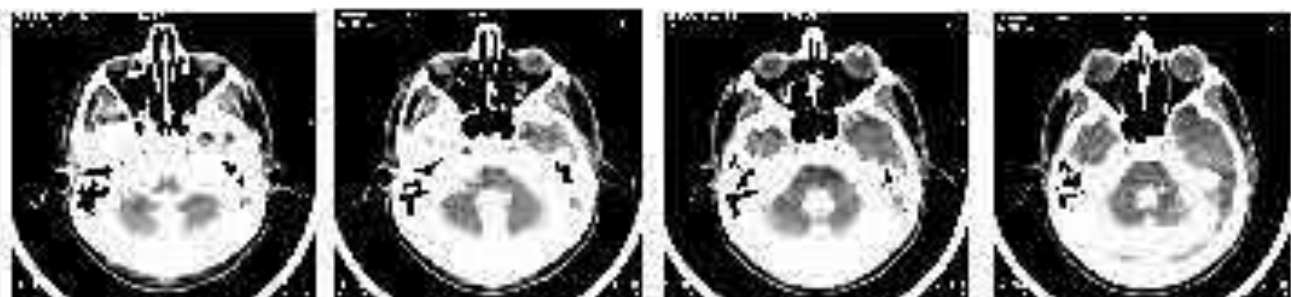
Frqz = Count/Counter * 0.001.
If fbln > Frqz then fbln = Frqz.
If fblz < Frqz then fblz = Frqz.
Average = Average + Frqz.
Memo1.Lines.Add(Format('%2d. f, F4 = %12.1f, [Ckz, Frqz])).
OutDlg.Display(SoToFloat(Format('%0.1f', [Frqz])))
inc [Ckz].
Application.ProcessMessages.
until (Ckz = SoToInt(Edit2.Text)) or CheckBreak
Memo1.Lines.Add(.....).
RepeatOn mouse click 422 memo1
Memo1.Lines.Add(Format('Cpzd. f = %12.1f, [Average/SoToInt(Edit2.Text)]).
Memo1.Lines.Add(-----).
Memo1.Lines.Add(Format('blz f = %12.1f, [fblz])).
Memo1.Lines.Add(Format('bln f = %12.1f, [fbln])). Memo1.Lines.Add(Format('Pozud = %12.1f,
[(fblz-fbln)/fbln * 100] + '%).
Memo1.Lines.Add(' @blz ' + TimeToSo(Time)).
Memo1.Lines.Add(').
Result = SoToFloat(Format('%12.1f, [Average/SoToInt(Edit2.Text)]).
OutDlg.Display(SoToFloat(Format('%0.1f,
[Average/SoToInt(Edit2.Text)]).
Application.ProcessMessages.
If not CheckBox.Checked then Break.
inc (bln [Ckz]).
until False or CheckBreak
Disable Enable Visual (True).
end.

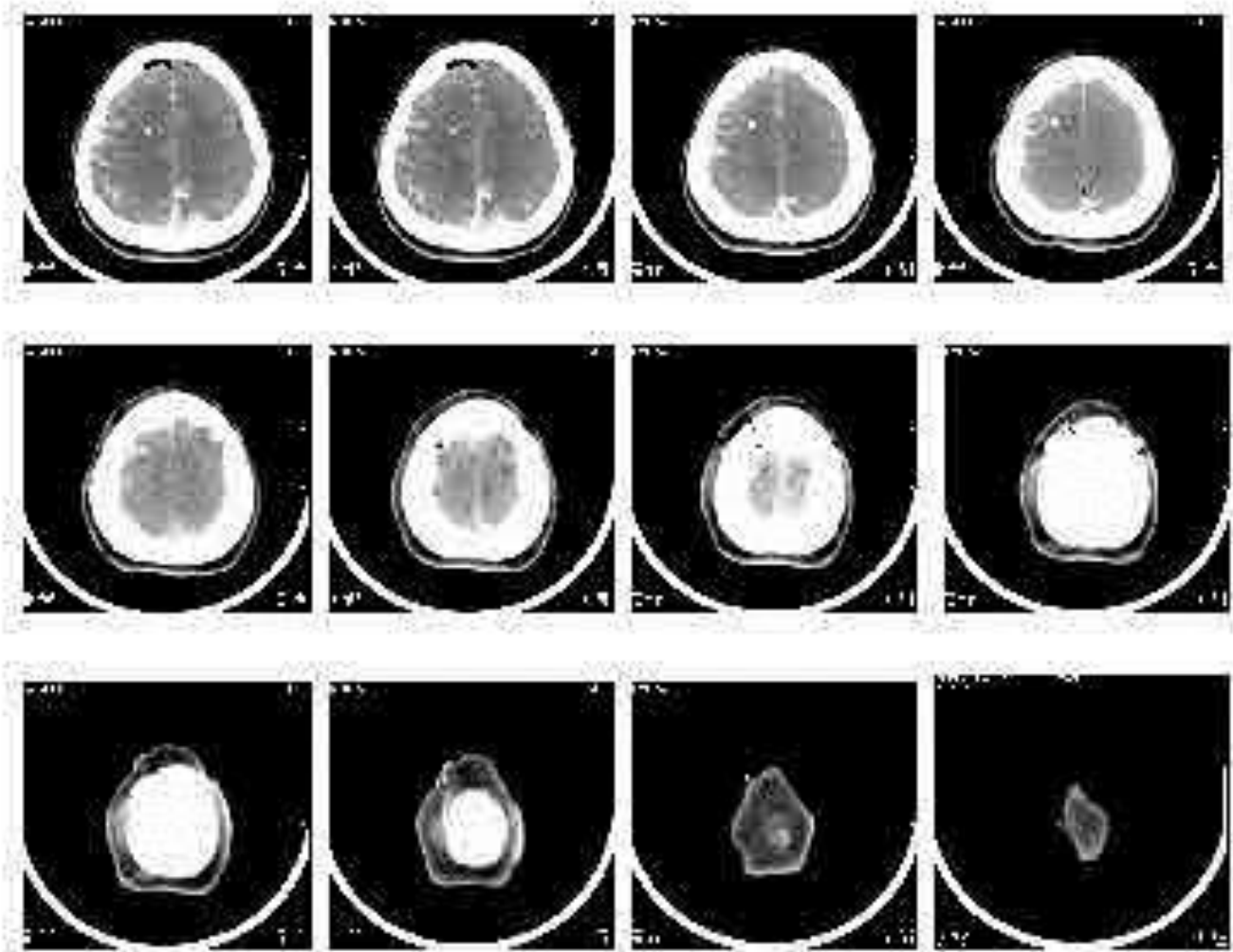
procedure TForm1.CheckBox1Click(Sender: TObject);
begin
If CheckBox1.Checked then
Form1.Height = 610
else
Form1.Height = 270.
end.

```

ДОДАТОК В. Приклади реконструкції зображень, отриманих ренітгенівським сканувальником

Пакет зрізів для відновлення тривимірного зображення:





Відновлене тривимірне зображення з різними видами зрізів:

