

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
МОНІТОРИНГУ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Шутко В.М.
« ____ » _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 153 «МІКРО- ТА НАНОСИСТЕМНА
ТЕХНІКА» ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ
«ФІЗИЧНА ТА БІОМЕДИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА»

**Тема: «Оцінка ефективності систем з томосинтезом для діагностики
органів грудної клітини»**

Виконавець

студентка групи МН-204М _____ Єфімова Вікторія Вадимівна

Керівник

к.т.н., доцент _____ Мірошніченко О.С.

Консультант розділу

«Охорона праці» _____ Козлітін О.О.

Консультант розділу

«Охорона навколишнього

середовища» _____ Бовсуновський Є.О.

Норм-контролер _____ Сініцин Р.Б.

КИЇВ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий факультет: аеронавігації, електроніки та телекомунікації

Кафедра: електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей

Напрямок (спеціальність, спеціалізація): 153 «Мікро- та наносистемна техніка»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Шутко В.М.

«_____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Єфімової Вікторії Вадимівни

(П.І.Б., випускника)

1. Тема дипломної роботи:

«Оцінка ефективності систем з томосинтезом для діагностики органів грудної клітини» затверджена наказом ректора від «10» вересня 2021р. № 1819/ст

2. **Термін виконання роботи:** з 25 жовтня 2021 р. по 02 січня 2021 р.

3. **Вихідні дані роботи:** аргументований склад програмного і апаратного забезпечення рентгенівського комплексу для обстеження ОГК; кількісна оцінка характеристик рентгенівських приймачів; експериментальна оцінка ефективності постобробки рентгенівських зображень

4. **Зміст пояснювальної записки:** Загальні відомості про використана рентген діагностики в медицині. Актуалізація обстежень ОГК. Огляд та аналіз існуючих цифрових комплексів та методів для виконання обстежень ОГК.

Обґрунтування вимог до зображень, отриманих на КТ та обґрунтування проведення вимірювань контрасту на зображеннях з томосинтезом. Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: Загальний графік результатів дослідження діагностики різними методами; рентгенівські зображення ОГК, отримані за допомогою рентгенографічного (RAD) та динамічного цифрового рентгенівського приймача в режимі томосинтезу (DT); хід рентгенівських променів під кутом; презентація результатів роботи в практичному вигляді.

6. Календарний план-графік

№ п/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			

7. Дата видачі завдання: «10» вересня 2021 р.

Керівник дипломної роботи _____
О.С.

Мірошниченко

(підпис керівника)

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

Єфімова

В.В.

(підпис випускника)

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота на тему: «Оцінка ефективності систем з томосинтезом для діагностики органів грудної клітини» містить: 57 сторінки, 15 малюнків, 20 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – Рентгенографічні комплекси з режимом багатозрізової лінійної томографії (томосинтезом) для обстеження ОГК

Мета дипломної роботи – підтвердження високої ефективності систем з томосинтезом, порівняно з рентгенографічними системами, та відповідність систем з томосинтезом вимогам Європейського союзу до якості КТ зображень. Предмет дослідження – застосування сучасних апаратного і програмних забезпечень при експлуатації наявних рентгенівських комплексів з режимом багатозрізової лінійної томографії для підвищення ефективності обстеження ОГК.

В роботі викладено методику порівняння візуалізації патологій при Covid-19 на цифрових приймачах рентгенівських зображень, комплексу рентгендіагностичного на 2 робочих місця з режимом багатозрізової лінійної томографії – РДК ВСМ, та базової рентгенографічної системи з режимом томосинтезу – UnimatTomo.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати при проведенні наукових досліджень, у навчальному процесі та в практичного використання в медичних закладах з метою виявлення туберкульозу, COVID-19 та інших патологій в області грудної клітини.

Ключові слова: РЕНТГЕН, ТОМОСИНТЕЗ, ЦИФРОВА РАДІОЛОГІЯ, КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ, БАЗОВА РЕНТГЕНДІАГНОСТИЧНА СИСТЕМА, ЦИФРОВІ ПРИЙМАЧІ, ОБСТЕЖЕННЯ ОРГАНИ ГРУДНОЇ КЛІТИНИ, COVID-19.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ОГК – органи грудної клітини

ПЗЗ – приладів із зарядним зв'язком.

ШІ – штучний інтелект

КТ – комп'ютерна томографія

DQE – detective quantum efficiency, квантова ефективність виявлення

COVID-19 - потенційно важка гостра респіраторна інфекція, що викликається коронавірусів SARS-CoV-2 (2019 nCoV)

MTF – модуляційної передавальної характеристики.

SA-приймача – sensors array, матриці сенсорів

БРС - базова рентгенографічна система

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. Загальні положення рентгенівської діагностики	8
1.1. Історія створення рентгену	8
1.2. Введення рентгену в медицину	10
1.3. Основні види рентгенівських обстежень	12
РОЗДІЛ 2. Цифрова рентгенографія.....	14
2.1. Перехід від аналогового до цифри	14
2.2. Новітні методи в рентгенографії для дослідження ОГК	16
2.3. Актуальність та важливість дослідження ОГК станом на 2020	18
РОЗДІЛ 3. Цифрові рентгенівські приймачі	23
3.1. Основні параметри цифрових рентгенівських приймачів	23
3.2. Огляд сучасних рентгенівських приймачів.....	28
3.2.1. Приймачі на запам'ятовуючих пластинах (CR).....	28
3.2.2 Приймачі типу «екран-об'єктив-матриця ПЗЗ».....	31
3.2.3. Панелі зі структурою «люмінесцентний екран-аморфний кремній».....	36
3.3. Обґрунтування вибору типу приймача.....	38
РОЗДІЛ 4 Оцінка ефективності програмного забезпечення для рентгенівських знімків ОГК	39
4.1. Обґрунтування створення методики оцінки	39
4.2. Обґрунтування параметрів для оцінки якості рентгенівських зображень ОГК за різними параметрами	41
4.3. Кількісна оцінка контрасту на рентгенівських знімках	43
4.4. Оцінка отриманих результатів порівняння	48
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Історія рентгенології починається з 1895 року, після того як вперше вдалося зареєструвати затемнення фотопластинки під дією рентгенівського випромінювання. Після того як було доведено, що рентгенівські промені можуть виявити кісткові структури, то їх почали впроваджувати в медицину. Перший рентгенівський кабінет в Києві почав роботу в 1898 р. в лікарні Покровського жіночого монастиря. Після цього активно почала розвиватись рентгенографія легень, а після оголошення епідемії туберкульозу у 1995 з'явилася необхідність виконання великої кількості обстежень ОГК, що зумовило розвиток флюорографічних кабінетів на території України, які дозволяли проводити обстеження до 80 пацієнтам за день.

На сьогоднішній день в Україні працює приблизно 1700 флюорографів. Після виконання обстеження на флюорографі, певна частина населення, орієнтовно 12 – 15% була змушена проходити додаткове обстеження ОГК на рентгенографічному апараті. На початку 2000х плівкова рентгенографія поступилася цифровій технології. На сьогоднішній день в Україні більше 45% скринінгових апаратів для обстеження ОГК мають цифрові приймачі.

Наступним кроком після цифрової рентгенографії, стало впровадження комп'ютерних томографів, за допомогою яких дослідження патологій стало більш зручним для отримання інформації, однак такі дослідження є менш безпечними та більш дорогими.

Не зважаючи на те, що відповідно до фахових видань, КТ має найвищу ефективність діагности захворювань ОГК на ранніх стадіях, організація скринінгу на КТ в реальних умовах викликає труднощі, обумовлені:

- малої продуктивністю КТ - 8 пацієнтів за зміну з урахуванням дезінфекції - 1 година;
- високого дозового навантаження на пацієнтів, що перевищує допустимий чинним законодавством поріг 1 мЗв на рік;
- віддаленістю КТ від приймальних відділень лікарень

Як альтернативу КТ можна було б використовувати системи з лінійним томосинтезом, адже такі комплекси можна встановлювати безпосередньо в рентгенівських кабінетах приймальних відділень медичних закладів.

Апарати займають менше місця, забезпечують в 3 ... 5 разів більшу продуктивність і дають, відповідно до попередніх розрахунків, в 5 ... 10 разів менше дозове навантаження на пацієнтів в порівнянні з КТ.

Нові комплекси з томосинтезом - слугують підвищенню ефективності візуального сприйняття патологій лікарем-рентгенологом. Дослідження ступені досягнення цієї мети, а саме ефективність діагностики, і направлено дослідження даної дипломної роботи.

Метою даної роботи є підтвердження високої ефективності систем з томосинтезом, порівняно з рентгенографічними системами, та відповідність систем з томосинтезом вимогам Європейського союзу до якості КТ зображень.

Для досягнення поставленої мети в даній дипломній роботі буде розглянуто нормативні документи та проведено практичні вимірювання параметрів зображень томосинтезу та цифрової рентгенографії, з використанням комплексу рентген діагностичного на 2 робочих місця з режимом багатозрізової лінійної томографії – РДК ВСМ, та базової рентгенографічної системи з режимом томосинтезу – UnimatTomo.

РОЗДІЛ 1

1.1 Вибір і формування вимог для систем діагностики ОГК

Рентгенографія органів грудної клітки проводиться для виявлення патологічних процесів в органах дихання, а також серцево-судинної і кісткової системи людини, та виконується в двох проекціях. Рентгенограма в 2 проекціях дозволяє чітко розглянути легеневу тканину, куполи діафрагми, тінь серця і органів середостіння, кістки хребта, плечового поясу, грудини. Зображення різних органів і кісток накладено один на одного.

Такі дослідження застосовуються при скринінгу на туберкульоз і рак легких. Для цього в Україні працює 1700 флюорографів, з яких лише 800 цифрових, а інші 900 працюють на застарілій плівковій системі.

Заміна цих 900 флюорографів на цифрову технологію в даний час є актуальною задачею в комітеті місії по атомному регулюванню та сумісним приказом комітету з нової медичної техніки N 340 від 28.11.97 і Міністерства охорони здоров'я України.

Перевід на цифру подібних флюорографах в Україні виконується з 2000 року.

Таке рішення сьогодні є раціональним, але Covid-19 внесла серйозні зміни в рентгенографії органів грудної клітини. В медичних виданнях зазначено, що діагностична чутливість рентгенографії при виявленні ознак Covid-19 становить не більше 0,4. Це означає, що при обстеженні 10 пацієнтів, хворих на Covid-19, тільки 4 будуть виявлені за допомогою рентгенографії.

Слаба діагностична чутливість рентгенографії органів грудної клітини привела до того, що основним видом обстежень стала комп'ютерна томографія ОГК. Використання КТ- сканування давало результат на 4 ... 8 днів раніше лабораторної діагностики.

1.2 Використання КТ при діагностиці захворювань ОГК

Комп'ютерна Томографія (КТ) - сучасний рентгенівський метод діагностики, який дозволяє отримувати тривимірні зображення органів і тканин.

При КТ трубка і приймач розташовуються на кільцевому Генрі, який обертається 1-4 оберти/секунду. Пацієнта переміщують на рентген-прозорий стіл, який переміщується разом з пацієнтом перпендикулярно площині обертання гентрі.

Як відзначалося вище, низька чутливість рентгенографії викликала масове дослідження ОГК на томографії

Приклад: прямий/ аксіальний переріз

По існуючим оцінкам діагностичної чутливості комп'ютерна томографія має значення приближене до 1 (100%).

На жаль, за стандартами дослідження, дозове навантаження грудної клітини становить 8 мЗв КТ. Ці дані підтверджуються останньою публікацією, в якій в якості дозового навантаження стандартно прийнята величина 7 мЗв. [1]

Виповнення роботи щодо зниження дозового навантажень при обстеженні області грудної клітини на комп'ютерній томографії показує можливість використання малодозового режиму з достатньо високою ефективністю. Однак, навіть перехід на малодозові режими і протоколи, припускають дозове навантаження на пацієнта близько 3 мЗв пацієнта за 1 дослідження.

Ця величина в 3 рази більше допустимої для скринінгу значення 1 мЗв в рік, яке встановлено законодавством України для профілактичного обстеження, окрім цього, використання КТ апарату передбачає високі вимоги до лінії живлення, підвищений радіаційну захист для кабінету, не високу кількість обстежень, які можна виконати за одну зміну, а також для використання КТ лікар, що робить висновки по знімкам, повинен мати певну кваліфікацію.

Виводи: таким чином, використання КТ для дослідження органів ОГК має велику ефективність, однак передбачає велике дозове навантаження на пацієнта і ряд інших перепон, які не дозволяють використовувати КТ для скринінгу.

У зв'язку з цим необхідно шукати інші методи обстеження, які поєднують

високу діагностичну чутливість і не велике дозове навантаження на пацієнта.

1.3 Використання томосинтезу для обстеження ОГК. Формування вимог до систем з томосинтезом.

Новий метод обстеження грудної клітини, який почали застосовувати з 2006 року фірмами: General Electric(США) використовуючи рентгенівський комплекс на два робочих місця VolumeRAD і Багатофункціональний універсальний рентгенівський комплекс Shimadzu SONIALVISION на телекерованому столі-штативі, отримавши назву томосинтез.

З урахуванням необхідності використання апарату, який матиме невелике дозове навантаження на пацієнта, проте робитиме зрізи під час обстеження ОГК, обумовило створення малодозового томографу (томосинтез) для первинної рентгенодіагностики, майже через 20 років від початку використання цифрових приймачів у рентгенодіагностиці.

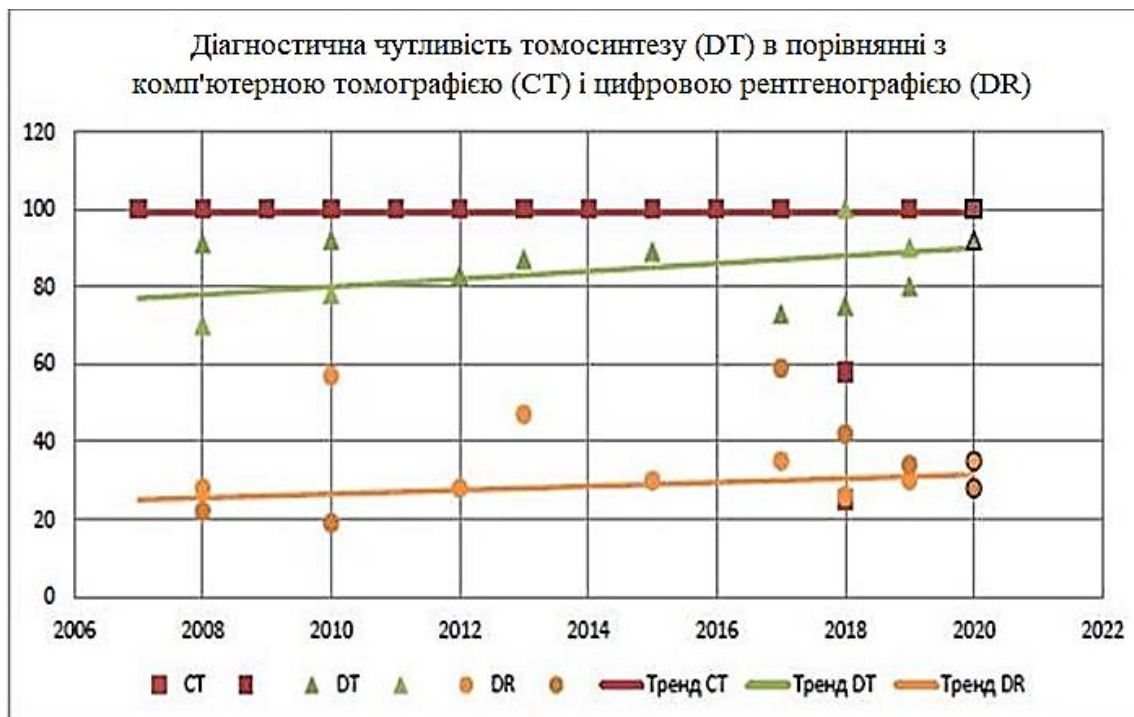
В Україні регулярні дослідження з використанням томосинтезу для діагностики ОГК розпочали лише в 2018-2019 роках (Табл.1)

ТАБЛИЦЯ 1 РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ТОМОСИНТЕЗУ В ДКБ№3 М.КИЇВ
ВПРОДОВЖ 2018-2019Р.

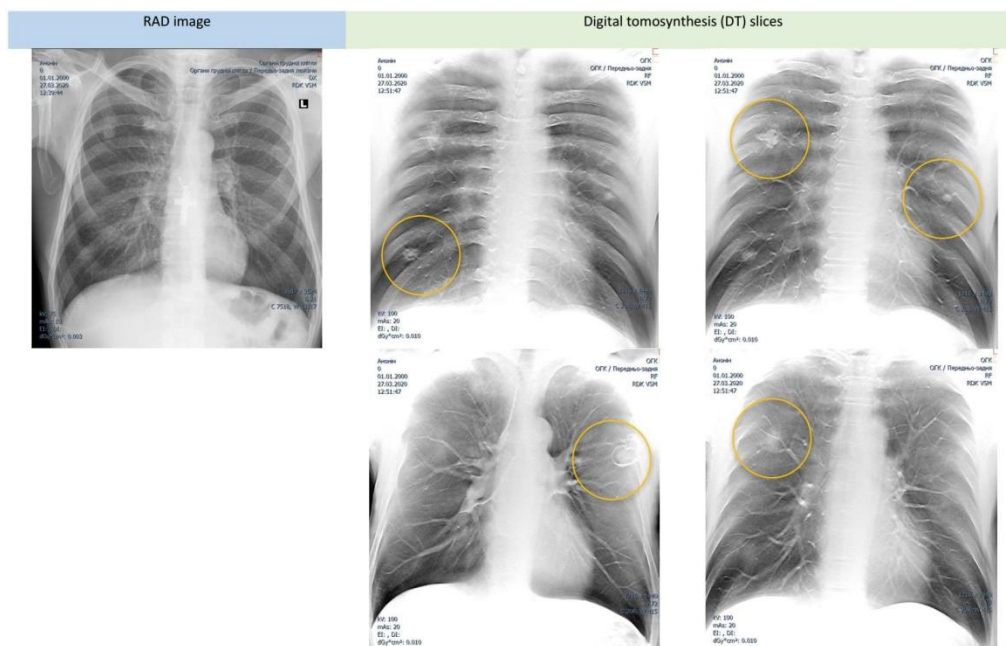
	Всього	Знятий діагноз	Підтверджений	Додаткові данні
Органи грудної клітини	125	25 (20%)	44 (35,2%)	56 (44,8%)
Кістково-суглобна система	196	43 (21,94%)	55 (28,06%)	98 (50%)
Всього	321	68 (21,2%)	99 (30,8%)	154 (48%)

За результатами огляду зарубіжної літератури за оцінкою ефективності томосинтезу, а також, відповідно до проведених в Україні досліджень щодо діагностичної чутливості томосинтезу, становить 0,9 від КТ, а дозове навантаження на пацієнта – складає менше 0,5 мЗв, - що задовольняє вимоги

законодавства України.



Малюнок 1 Загальний графік результатів дослідження діагностики різними методами



Малюнок 2 Рентгенівські зображення ОГК, отримані за допомогою рентгенографічного (RAD) та динамічного цифрового рентгенівського приймача в режимі томосинтезу (DT)

Розвиток технологій томосинтезу в умовах пандемії COVID-19 та не зникаючої епідемії туберкульозу - є актуальним і необхідним для вдосконалення методом діагностики.

Наступним етапом розвитку апаратури первинної рентгенодіагностики для

загальної рентгенографії стала реалізація режиму томосинтезу на дешевшому за КТ рентген діагностичному комплексі на два робочих місця, широко застосовуваних для первинної рентгенодіагностики. Було продемонстровано такі двомісні комплекси на міжнародних виставках фірмами: «Шімадзу» (Японія), «Джозеф Бетчарт» (Швейцарія), «Телеоптик» (Україна), і «Медапаратура» (Україна).

При томосинтезі під час обстеження, яке триває 4 - 6 секунд, синхронізованими між собою рентгенівською трубкою та цифровим приймач, розташованих в паралельних площинах, виконується близько 100 експозицій. Протягом 45-90 секунд отриманні зображення реконструюються на автоматизованому робочому місці рентген лаборанта і виводиться на екран монітору для подальшої роботи з ними.

ТАБЛИЦЯ 2 ПОРІВНЯННЯ МЕТОДИК РЕНТГЕНІВСЬКОГО ОБСТЕЖЕННЯ ПАЦІЄНТІВ

Характеристика	Графія	Томосинтез	Томографія
Детальність	+	+/-	-
Зміна розмірів	-	+	+
Зміна щільності	-	+/-	+
Простота читання	-	+	+/-
Колімація	+	+/-	-
Дозове навантаження	+	+/-	-
Розміри обладнання	+	+	-
Вартість обладнання	+	+/-	-

Порівняльна Таблиця 2 свідчить про великий пріоритет використання томосинтезу в порівнянні з рентгенографією та томографією.

Томосинтез – цифрова лінійна томографія, яка є вдалим компромісом між рентгенографією та мультиспіральною комп'ютерною томографією. Томосинтез не заміняє досліджень за допомогою комп'ютерної томографії, проте значно розширює діагностичні можливості рентгенографії без суттєвого збільшення дозового навантаження на пацієнта, що особливо важливе при дослідженнях ОГК

як під час пандемії COVID-19, так і при обстеженнях на туберкульоз. Томосинтез виконується з метою отримання додаткових даних досліджень, виконаних на тому ж апараті, на якому було виконане рентгенографічне обстеження пацієнта. При цьому рентгенівський цифровий приймач передає на автоматизоване робоче місце рентген лаборанта серію низькодозових експозицій, які математично оброблюються та реконструюються в серію тонких зрізів.

У зв'язку з тим, що томосинтез є новою технологією, на даному етапі важливо визначити клінічні задачі при яких використання томосинтезу буде найбільш доцільне та ефективне, а також виявити додаткові діагностичні можливості які з'являються завдяки його використанню.

В даній дипломній роботі буде проведено аналіз ефективності клінічного використання томосинтезу порівняно з рентгенографією, при використанні томосинтезу для обстеження ОГК в туберкульозному диспансері.

Переваги рентген діагностики ОГК у випадках застосування томосинтезу зумовлено наступними можливостями:

можливість усунути накладення тіней та оцінити елементи судинного малюнку (окремо бронхи та судини). При візуалізації без накладення є можливість прослідкувати малюнок бронхів та судин послойно від кореня до периферії.

Можливість візуалізувати вогнища до 1см з високим контрастом.

РОЗДІЛ 2

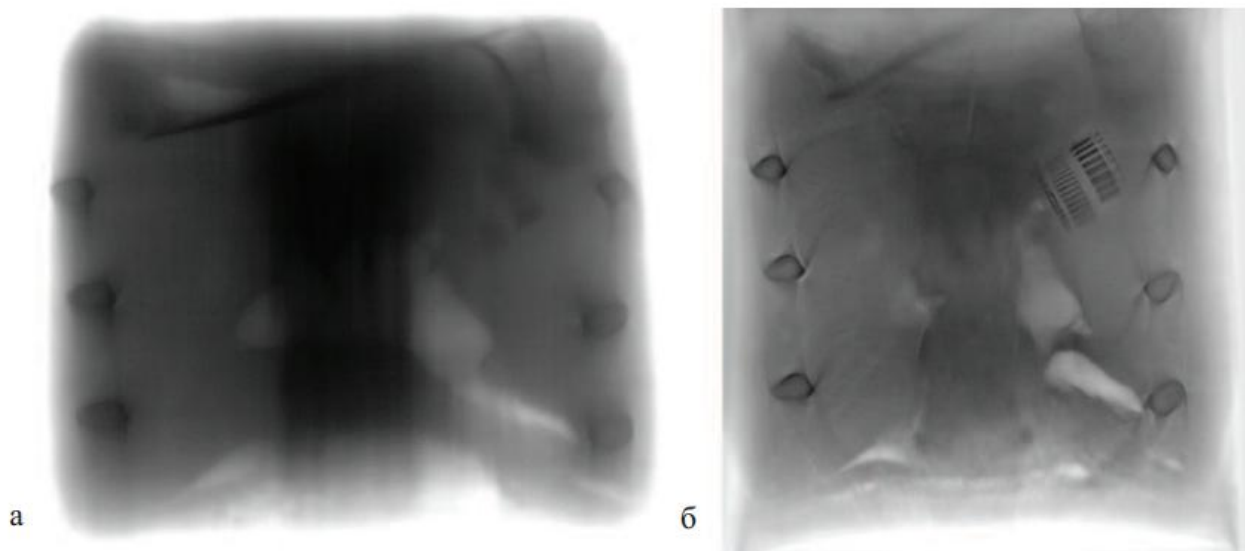
Обґрунтування структури та основних параметрів систем з томосинтезом при дослідженні ОГК.

2.1. Основи цифрового томосинтезу

Під час розробки систем з томосинтезом був використаний принцип лінійної томографії, а саме: протилежне переміщення рентгенівської трубки і приймача. Конструкція має вісь обертання, яку розміщують на рівні томографічного зрізу. Єдиним винятком стала система з томосинтезом, яка побудована на принципі базової рентгенографічної системи. Під час традиційної лінійної томографії впродовж усього переміщення рентгенівська трубка знаходиться в режимі безперервного випромінювання, а рентгенівська плівка накопичує рентгенівські промені, які потрапили на неї під різними кутами. У результаті проекції усіх точок об'єктів у площині, паралельній столу, яка проходить через вісь обертання конструкції, в площині приймача не зміщуються і формують на плівці чітке зображення.

З введенням у рентгенографічні комплекси цифрових динамічних приймачів стало можливим за один прохід рентгенівської трубки виконувати знімки через кожні $1...0,3^\circ$ обертання штанги в загальному куті сканування до $\gamma \pm 25^\circ$. Накопичені 50...150 зображень є достатньою інформацією для комп'ютерного розрахунку 100 і більше томографічних зрізів через 2...5 мм паралельно площині рентгенівського столу. За діагностичною цінністю рентгенівські проекції, які було отримано за даними одного оберту рентгенівської трубки на кут, менший за 60 градусів, вздовж пацієнта в системі лінійного томосинтезу, зіставні з проекціями зображень спіральних комп'ютерних томографів, отриманих після багаторазового обертання рентгенівської трубки навкруги нього.

У системах лінійного томосинтезу якість зображень, томографічних зрізів порівняно з традиційною лінійною томографією різко зростає завдяки комп'ютерному відніманню розфокусованих зображень позрізових об'єктів



Малюнок 3 Вигляд томографічного зображення при лінійній томографії (а) та цифровому томосинтезі (б)

Що стосується детальності зображень лінійних томографічних зрізів, сформованих під час томосинтезу, то вони, як і рентгенограми, перевищують детальність зображень спіральних томографів.

Протягом останніх років були проведені роботи щодо вдосконалення алгоритмів розрахунку томографічних зрізів. Нове покоління алгоритмів томосинтезу вимагає для отримання якісних зображень томографічних зрізів не стільки точного позиціонування випромінювача і приймача, скільки точного вимірювання фактичного їх положення. У результаті вимоги до механіки істотно знижуються. Великі розміри цифрових динамічних рентгенівських приймачів-до 43 x 43 см, для комплексів з рухомим детектором і 43 x 60 см для комплексів реалізованих на базовій рентгенографічній системі, дають змогу обстежувати ділянку інтересу тіла пацієнта за один прохід. Сам прохід виконується в куті томосинтезу менш ніж 50° , що в 7...9 разів менше за повний оберт. За допомогою коліматора формується пірамідальний промінь з кутом при вершині до 50° , в якому передається значна частина енергії рентгенівського випромінювання трубки. У результаті коефіцієнт корисного використання рентгенівської трубки є високим. Режим рентгенівської трубки - імпульсна скопія виконується із середньою силою струму 2-20 мА протягом 5-15 с. При цьому середня потужність, що виділяється на рентгенівській трубці за напруги 100 кВ, становить 0,2-2кВт.

Це дає можливість у режимі томосинтезу використовувати стандартні рентгенівські трубки і пристрої живлення.

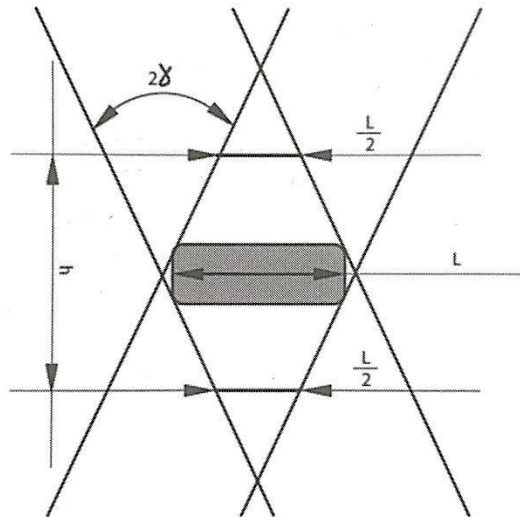
2.3. Обґрунтування товщини зрізів томосинтезу

Вкрай важливим питанням у комп'ютерній томографії є вибір товщини томографічного зрізу. Чим зріз тонший і градацій сірого більше, тим більшу поглинену дозу іонізуючого випромінювання отримає пацієнт під час дослідження. Крім того, у разі наявності по всій товщині зрізу сильно поглинаючого (металевого) об'єкта на зображеннях спіральних комп'ютерних томографів виникають артефакти у вигляді віялоподібних смуг.

У більшості випадків для медичної діагностики товщина томографічного зрізу повинна бути порівнянна з розміром патології або її значної частини - часто це 1...10 мм. Під час томосинтезу є можливість гнучко керувати товщиною томографічного зрізу шляхом зміни кута томографії: товщину зрізу можна зменшити, збільшуючи кут оберту рентгенівської трубки. Проте чим кут менший, тим менше необхідно виконати проєкцій зображень під різними кутами рентгенівських променів і, отже, менша доза буде поглинена пацієнтом. Це пояснює справедливість багаторазово наведеної в літературі оцінки щодо 10-кратного зниження дозових навантажень на пацієнта в разі правильного використання томосинтезу порівняно з обстеженням на спіральному комп'ютерному томографі. З цієї ж причини на зрізах томосинтезу істотно менші артефакти від металевих об'єктів.

Товщина зрізу при томосинтезі є мінімальною відстанню по глибині, при якій об'єкти розміром в один піксель можуть спостерігатися окремо при заданому куті сканування. На рис. 4 зображено хід рентгенівських променів при

опроміненні об'єкта розміром L у площині зрізу при куті сканування $\pm\gamma$.



Малюнок 4 Хід рентгенівських променів під кутом.

З рис 4 видно, що розмір пікселя L - на зображенні, кут сканування γ та товщина зрізу h - пов'язані:

$$h = \frac{L}{2 \operatorname{tg} \gamma}$$

Для прикладу, при розподільній здатності на рентгенівському зображенні $R=2,2$ пл/мм розмір пікселя складатиме:

$$L=1/2R=1/2 \times 2,2=0,23\text{мм}$$

Якщо виконувати кут сканування $2\gamma=20^\circ$, товщина зрізу буде складати :

$$h=L/2 \operatorname{tg} \gamma = 0,23/2 \operatorname{tg} 10^\circ = 0,65\text{мм}$$

При зменшенні кута сканування $2\gamma=12^\circ$, товщина зрізу буде складати :

$$h=L/2 \operatorname{tg} \gamma = 0,23/2 \operatorname{tg} 6^\circ = 1,09\text{мм}$$

В сучасних комплексах з томосинтезом використовують кут сканування на рівні 20° , відповідно товщина зрізу при реконструкції буде дорівнювати $0,65\text{мм}$.

2.3 Артефакти на зображеннях зрізів томосинтезу

Артефакти, які розрізняють на зрізах томосинтезу поділяють на декілька типів:

- **Тіні на зображеннях від сусідніх шарів.** Цей тип артефактів формується через обмежений кут сканування і присутній у всіх діагностичних системах, які використовують режим томосинтезу. Зображення на екрані містить чітко сфокусоване зображення зрізу томосинтезу, що розглядається, плюс розмиті і ослаблені тіні сусідніх шарів. Зображення зрізу, що розглядається, легко відрізнити від тіней. Області зображення з чітко сфокусованими дрібними деталями належать зрізу, що розглядається, а розмиті області - це тіні від сусідніх зрізів



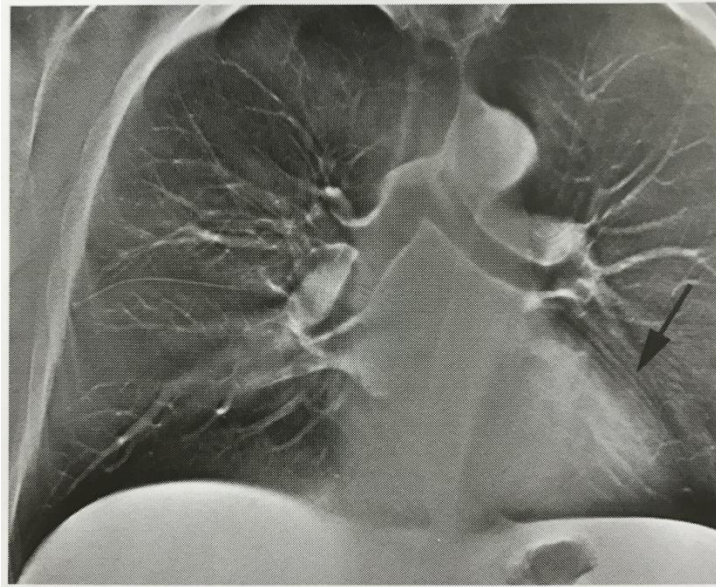
Малюнок 5 Тіні на зображеннях від сусідніх шарів

При послідовному гортанні зображень зрізів оператор системи томосинтезу виконує фокусування по глибині. Поява на зображенні спочатку доволі слабких тіней, а потім чітке зображення крупних деталей досліджуваного об'єкту полегшує формування 3Д образу зони дослідження.

Цей тип артефактів, також називають примарними артефактами.

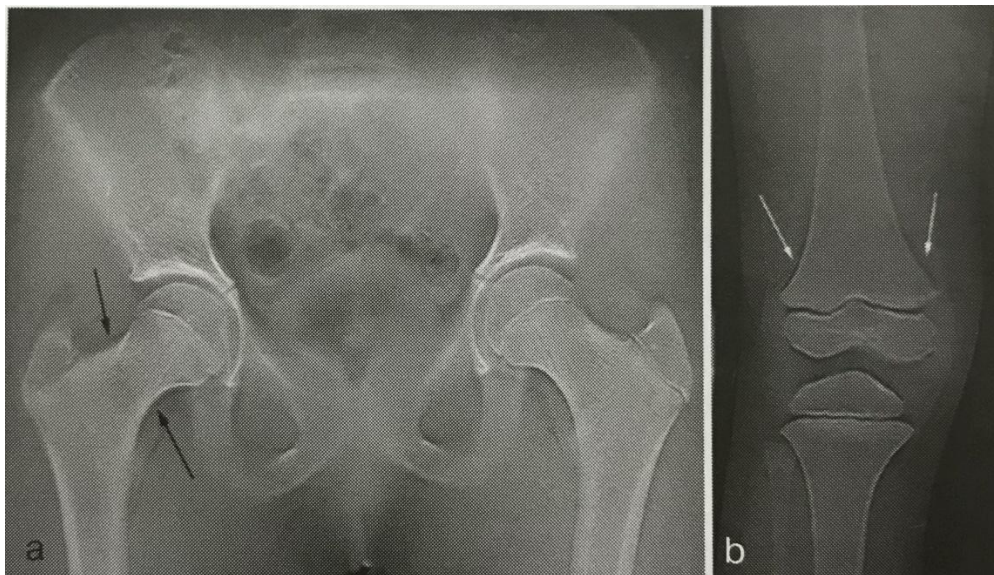
- **Артефакти, спричинені рухом органів під час сканування.** Зона обстеження має залишатися нерухомою протягом усього процесу сканування;

інакше зрізи томосинтезу матимуть артефакти руху. У ряді випадків артефакти руху можуть бути корисними для діагностики. Так, артефакти руху в області зображення серця (рис. 6) можуть свідчити про розмір та періодичність серцевих скорочень. В інших випадках наявність рухів змушує повторити сканування.



Малюнок 6 Артефакти в зоні серця

- **Оконтурювання зображення.** При наявності в зоні спостереження сильних відмінностей рентгенівської щільності внаслідок обробки зображень на краях об'єктів утворюються артефакти у вигляді контурів(рис. 7).



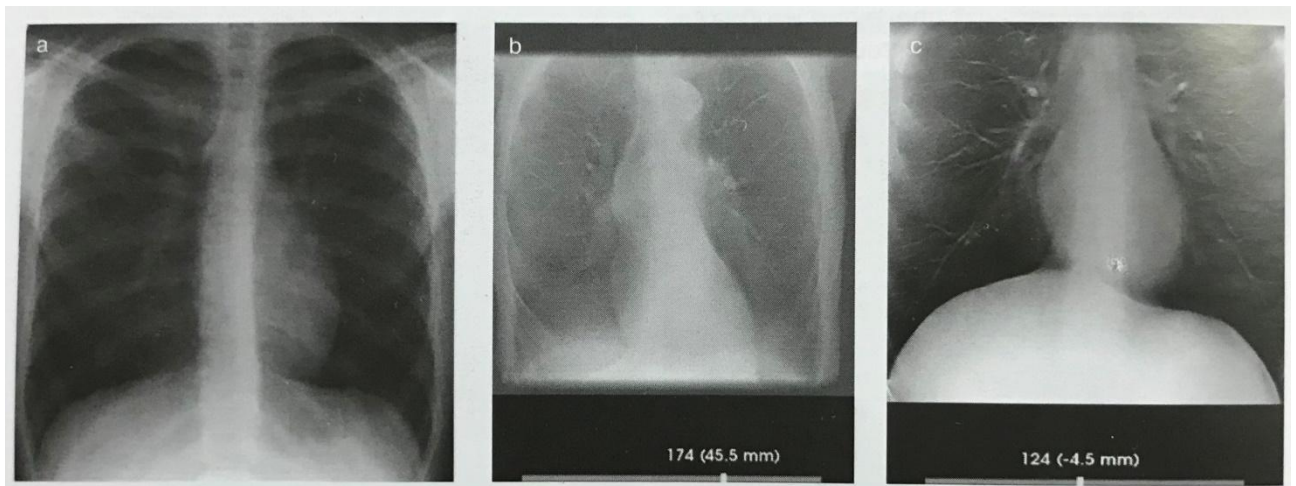
Малюнок 7

Наприклад, області зображення, що безпосередньо сусідять з яскравим краєм, мають додаткову темряву, схожу на контур. Цей тип артефакту характерний не

тільки для систем томосинтезу. Він зустрічається для зображень більшості рентгенографічних та томографічних систем. Артефакти оконтурювання можуть бути послаблені при виборі алгоритмів обробки зображень із зменшеним ступенем виділення або підкреслення дрібних деталей зображень.

- **Артефакти країв.** Виявляються, якщо об'єкт більше, ніж обсяг томосинтезу, та його краї відсутні у кожній рентгенівській проекції. Як правило, крайові артефакти розташовуються на лівому та правому краях зображень томосинтезу або у верхній його нижній частинах (рис. 8). Ці артефакти іноді називають артефактами усічення.

Артефакти країв зони томосинтезу легко виявляються на зображеннях томосинтезу за їх розташуванням.



Малюнок 8

РОЗДІЛ 3

Оцінка діагностичної ефективності

3.1 Діагностична ефективність МСКТ при дослідженнях ОГК

З появою мультиспіральних комп'ютерних томографів було опубліковано чимало наукових робіт, в яких описано, що мультиспіральна комп'ютерна томографія є найбільш точним і ефективним методом виявлення туберкульозу на стадіях відсутності змін на оглядових рентгенограмах і чітким критерієм оцінки ефективності проведення антимікобактеріального лікування.

Рентгенологічні методи дозволяють добре виявляти й деталізувати структурні зміни в ураженому органі, але виявлені скіалогічні ознаки не можуть бути патогномонічними. За рентгенологічними даними не можна зробити остаточний висновок про генез наявних ознак розвитку та інволюції запальних змін, розвитку фіброзу, деструкції тканин і деформації органів. Тому рентгенологічні методики стійко займають одне із провідних місць у діагностиці туберкульозу, однак потребують доповнення іншими методами.

На сьогодні широко використовуються томографія з якісно новими можливостями одержання зображення, що забезпечують набагато більш високий радіоактивну речовину, або технічний пристрій, який створює чи в певних умовах здатний створювати іонізуюче випромінювання.

Кабінет рентгенодіагностичний (кабінет рентгенівський) - приміщення для проведення рентгенівських діагностичних досліджень, у тому числі з хірургічним втручанням або під час такого (ангіографічний кабінет, рентген-операційна тощо).

Картка обліку дозових навантажень пацієнта при рентгенологічних дослідженнях - документ реєстрації та обліку ефективних доз, отриманих пацієнтом під час проведення рентгенодіагностичних процедур.

Категорія А (персонал) - особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань.

Категорія Б (персонал) - особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але у зв'язку з розташуванням робочих місць можуть отримувати додаткове опромінення.

Категорія В - усе населення. За певних обставин окремі особи (крім хворих) можуть брати участь у рентгенівському дослідженні або бути присутніми в рентгенодіагностичному кабінеті під час досліджень.

Кімната управління рентгенівським апаратом (пультова) - приміщення, у якому розташовані дистанційні системи для управління рентгенівським апаратом і з якого ведеться спостереження за станом пацієнта під час виконання рентгенологічного дослідження.

4.2. Вимоги до стаціонарних засобів радіаційного захисту

Стаціонарні засоби радіаційного захисту приміщень рентгенівського боксу (стіни і захисні двері) мають забезпечувати ослаблення ікс-проміння до рівня, при якому не буде перевищений річний ліміт дози (далі – ЛД) для відповідних категорій осіб, що опромінюються. Основою розрахунку радіаційного захисту є визначення кратності ослаблення (К) потужності дози рентгенівського випромінювання в даній точці за відсутності захисту (ПД₀) до значення допустимої потужності дози (далі ДПД) в одиницях поглинутої або експозиційної дози (п.3.1 ДсанПіН 6.6.3-150-2007):

$$K = \text{ПД}_0 / \text{ДПД} = N \cdot W \cdot N / (30 \cdot r^2 \cdot \text{ДПД}),$$

де N - радіаційний вихід - відношення потужності дози в повітрі в первинному пучку ікс-випромінювання на відстані 1 м від фокусної плями трубки, помноженої на квадрат цієї відстані, до сили анодного струму, мГр*кв. м/(мА*хв) або мР*кв.м/(мА*хв);

W - робоче навантаження рентгенівського апарата (мА*хв)/тижд.;

N - коефіцієнт спрямованості випромінювання, відн. од.;

30 - тривалість роботи рентгенівського апарата на тиждень при однозмінній роботі персоналу категорії А (30-годинний робочий тиждень), год/тижд.;

r - відстань від фокуса рентгенівської трубки до точки розрахунку, м;

ДПД - розрахункова допустима потужність дози за стаціонарним захистом, мГр/год або мР/год.

Значення ДПД при стаціонарному захисті процедурної рентгенівського кабінету розраховують, виходячи з основних лімітів доз ЛД (мЗв/рік) для відповідних категорій осіб, що опромінюються, і можливої тривалості їх перебування у приміщеннях різного призначення чи на території, за формулою 3

$$\text{ДПД} = \text{ЛД} / (t \times n \times q), \text{ мЗв/год (10 мкЗв/год), (3.2) с}$$

4.3. Розрахунок-обґрунтування стаціонарних засобів радіаційного захисту рентгенівського боксу калібрувального кабінету виробництва для базової рентген діагностичної системи з режимом томосинтез

Розрахунок стаціонарних засобів радіаційного захисту виконується для рентгенівського боксу підприємства. Роботи з використання джерел іонізуючого випромінювання (надалі – ДІВ) будуть виконуватися в приміщеннях рентгенівського боксу: Калібрувальної № 8 і пультової № 9.

При розрахунку і обґрунтуванні радіаційного захисту персоналу застосовували наступні правила і дані:

- Згідно з пунктом 2.26 ДСанПіН 6.6.3-150-2007 розміщення рентгенівських апаратів в приміщеннях рентгенівського боксу здійснюється таким чином, щоб первинний струмінь випромінювання був спрямований у підлогу.

- В приміщеннях рентгенівського боксу відсутні особливі зони перебування персоналу і ділянки, для яких розрахунок захисту проводять на ослаблення первинного пучка ікс-випромінювання. Тому стаціонарний захист має забезпечувати ослаблення тільки розсіяного проміння. Також перелічені апарати будуть використовувати режим динамічної рентгенографії, що при розрахунку захисту дорівнює режиму томографії, тому відповідно, як і до комп'ютерних

томографів, розрахунок стаціонарного захисту проводять тільки від розсіяного випромінювання (див. п. 3.14 ДСанПіН 6.6.3-150-2007).

- Підлога приміщень Калібрувальної №8 розташована безпосередньо над ґрунтом, а стеля розміщена безпосередньо під дахом, тому захист від випромінювання в цих напрямках не передбачається (див. п. 3.15 ДСанПіН 6.6.3-150-2007).

- Управління експозицією при тестуванні ДІВ виконується з приміщення Пультової. Створення спеціальних робочих місць, розташованих поблизу апаратів не передбачається. Індивідуальних засобів захисту персоналу не використовують.

- Рентген-лаборант не має права обслуговувати два чи більше водночас рентгенівських апаратів, що працюють, навіть у разі розташування їхніх пультів управління в одній кімнаті (див. п. 5.11 ДСанПіН 6.6.3-150-2007).

- Розрахунок захисту для двох чи більше рентгенівських апаратів, установлених в одній процедурній, проводять для кожного апарата. Необхідні кратність ослаблення і товщину захисних огорожень вибирають, виходячи з найбільш жорстких умов (див. п. 3.13 ДСанПіН 6.6.3-150-2007).

Калібрувальна №8 (рентгенівський бокс) розташовані у приміщенні механічної майстерні на першому поверсі одноповерхового будинку.

З будь-якої сторони до рентгенівського боксу не прилягають житлові приміщення (див. схему калібрувальної, Додаток 1):

- з боку стіни 1 – пультова кімната, монтажна дільниця;
- з боку стіни 2 - пультова кімната, коридор;
- з боку стіни 3 - коридор;
- з боку стіни 4 – дільниця прийому-видачі;
- з боку стіни 5 – дільниця прийому-видачі;
- з боку стіни 6 – монтажна дільниця;
- стіна 7 – суміжна між калібрувальними № 7 і № 8;

- над калібрувальними – дах;
- під калібрувальними – земля.

ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ ЗАХИСТУ

Стационарні засоби радіаційного захисту приміщень рентгенівського боксу (стіни і захисні двері) мають забезпечувати ослаблення ікс-проміння до рівня, при якому не буде перевищений річний ліміт дози (далі – ЛД) для відповідних категорій осіб, що опромінюються. Основою розрахунку радіаційного захисту є визначення кратності ослаблення (К) потужності дози рентгенівського випромінювання в даній точці за відсутності захисту (ПД₀) до значення допустимої потужності дози (далі ДПД) в одиницях поглинутої або експозиційної дози (п.3.1 ДсанПіН 6.6.3-150-2007):

$$K = \text{ПД}_0 / \text{ДПД} = H \cdot W \cdot N / (30 \cdot r^2 \cdot \text{ДПД}),$$

де H – радіаційний вихід - відношення потужності дози в повітрі в первинному пучку ікс-випромінювання на відстані 1 м від фокусної плями трубки, помноженої на квадрат цієї відстані, до сили анодного струму, мГр·м²/(мА·хв) або мР·м²/(мА·хв);

W - робоче навантаження рентгенівського апарата (мА·хв)/тижд.;

N – коефіцієнт спрямованості випромінювання, відносні одиниці;

30 – тривалість роботи рентгенівського апарата на тиждень при однозмінній роботі персоналу категорії А (30-годинний робочий тиждень), год/тижд.;

r - відстань від фокуса рентгенівської трубки до точки розрахунку, м;

ПД₀ - потужність дози рентгенівського випромінювання в даній точці за відсутності захисту, мГр/год або мР/год;

ДПД – розрахункова допустима потужність дози за стаціонарним захистом, мГр/год або мР/год.

Значення N у напрямку первинного пучка рентгенівського випромінювання приймають рівним 1, для ДІВ з джерелом випромінювання, яке рухається під час одержання зображення, тобто має режим комп'ютерної томографії, приймають рівним 0,1. У всіх інших напрямках, куди потрапляє тільки розсіяне випромінювання, значення N приймають рівним 0,05 (див. п. 3.6 ДсанПіН 6.6.3-150-2007).

Відстань r від фокуса трубки до точки вимірювання рівня випромінювання за захистом визначають за проектною документацією на рентгенівський бокс. За точки розрахунку захисту приймають ті, що розташовані на поверхні внутрішніх стін приміщень, прилеглих до процедурної рентгенівського кабінету, чи зовнішніх стін.

На етапі проектування стаціонарного захисту для нового кабінету за відсутності необхідних даних значення радіаційного виходу H береться із таблиці 1 додатка 6 ДсанПіН 6.6.3-150-2007, де представлені значення радіаційного виходу в залежності від постійної напруги на трубці.

Значення робочого навантаження W наведені в таблиці 2 пункту 3.7 ДсанПіН 6.6.3-150-2007. Вони розраховані, виходячи з регламентованої тривалості проведення рентгенологічних досліджень при номінальних стандартизованих значеннях анодної напруги.

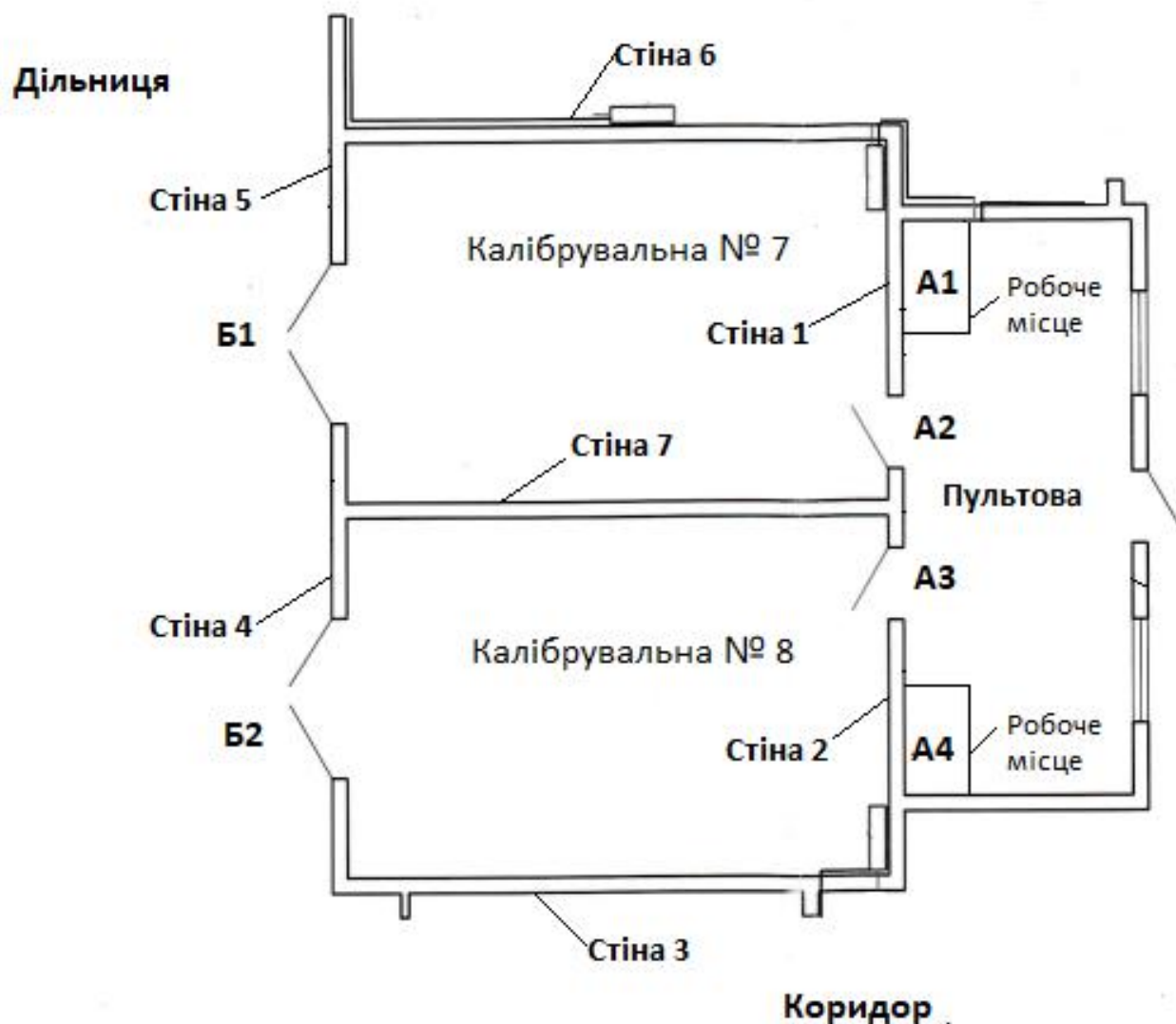
Регламентовані рівні ДПД при проектуванні стаціонарного захисту, значення коефіцієнтів тривалості опромінювання t та ЛД для приміщень різного призначення відповідно до п. 3.8 ДсанПіН 6.6.3-150-2007 наведені в таблиці 1.

Таблиця 5

Категорія	Призначення приміщення	ДПД, мкЗв/год	Тривалість опромінювання, год/рік	Ліміт дози, мЗв/рік
-----------	------------------------	------------------	--------------------------------------	---------------------

А	Приміщення перебування осіб, що зайняті роботою з ДІВ (калібрувальні)	13	1500	20
Б	Приміщення, що мають робочі місця осіб, які не зайняті роботою з ДІВ (монтажна дільниця, дільниця прийому-видачі)	1,0	2000	2

Дільниця



Малюнок 15 План-схему приміщень рентгенівського боксу

A1, A4 – робочі місця персоналу категорії А; A2, A3, Б1, Б2 - дверні прорізи або отвори технологічного призначення

Малюнок 1 – План-схема приміщень рентгенівського боксу

Види матеріалів, що застосовані для стаціонарних будівельних конструкцій рентгенівського боксу, наведені в таблиці 6.

ТАБЛИЦЯ 6

Захисне огороження боксу	Будівельні конструкції		Захисний матеріал		Найменування і категорія суміжного приміщення
	назва матеріалу	товщина, мм	назва матеріалу	товщина, мм	
Стіна 1	Бетонні блоки + баритова штукатурка	150 + 25	---	---	Пультова кімната, категорія А монтажна дільниця, категорія Б
Стіна 2	Бетонні блоки + баритова штукатурка	150 + 25	---	---	Пультова кімната, категорія А коридор
Стіна 3	Бетонні блоки + баритова штукатурка	150 + 25	---	---	Коридор
Стіна 4	Бетонні блоки + баритова штукатурка	150 + 25	---	---	Дільниця категорія Б
Стіна 5	Бетонні блоки + баритова штукатурка	150+25	---	---	Дільниця категорія Б
Стіна 6	Бетонні блоки + баритова штукатурка	150 + 25	---	---	Дільниця, категорія Б
Стіна 7	Бетонні блоки + баритова штукатурка з двох сторін	150 + 50	---	---	Калібрувальна №7, Калібрувальна №8
Підлога	Бетон + стяжка + лінолеум	10 + 5 + 6	---	---	Земля

Захисне огороження боксу	Будівельні конструкції		Захисний матеріал		Найменування і категорія суміжного приміщення
	назва матеріалу	товщина, мм	назва матеріалу	товщина, мм	
Стеля	Підвісна стеля + дошка + балки + ОСБ плита	5 + 30 + 250 + 18	---	---	Дах
Двері А2 між пультавою і калібрувальною №7	Сталь + пінопласт + ламінат	2+30+3	Свинець	2	Пультова кімната, категорія А
Двері А3 між пультавою і калібрувальною №8	Сталь + пінопласт + ламінат	2+30+3	Свинець	2	Пультова кімната, категорія А
Ворота Б1 між калібрувальною №7 і дільницею прийому та видачі	Сталь + пінопласт + ламінат	2+30+3	Свинець	2	Дільниця, категорія Б
Ворота Б2 між калібрувальною №8 і дільницею прийому та видачі	Сталь + пінопласт + ламінат	2+30+3	Свинець	2	Дільниця, категорія Б

РОЗРАХУНОК РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ КАЛІБРУВАЛЬНОЇ № 8

Розрахунок захисту будівельних конструкцій від рентгенівського випромінювання при роботі Комплексу рентгенівського діагностичного цифрового КРДЦ-02-Альфа (UNIMAT Томо) (далі - КРДЦ-02-Альфа (UNIMAT Томо)) або Комплексу рентгенівського діагностичного цифрового КРДЦ-04-Альфа (ETS) (далі - КРДЦ-04-Альфа (ETS))

Вхідні дані:

КАЛІБРУВАЛЬНА № 8 відповідно до план-схеми захищена стінами: №2, №3, №4, №7 (див. малюнок 1 цього документу).

В приміщенні КАЛІБРУВАЛЬНОЇ № 8 згідно зі схемою розташування ДІВ розташовані комплекси **БРС Томо** (див. Додаток 1 цього документу):

комплекс БРС Томо має режими:

- комп'ютерної томографії, діапазон кутів: $\pm 20^0$;
- рентгенографії: первинний струмінь випромінювання спрямований у підлогу.

До складу **БРС Томо** - входить рентгенівський генератор Genesis DTs;

Робоча напруга 40 – 125 кВ;

Максимальна напруга: 125 кВ;

Робоче навантаження $W=400$ (мА·хв)/тижд (таблиця 2, пункт 3.7 ДсанПіН 6.6.3-150-2007);

Додаток: 1. Схема розміщення ДІВ у калібрувальній №8.

РОЗРАХУНОК СТІНИ №2 для комплексу БРС Томо

Для розрахунку потрібно знайти значення кратності ослаблення (К) потужності дози рентгенівського випромінювання для стіни 2, та перевірити, чи забезпечують наявні будівельні конструкції належний радіаційний захист.

Для розрахунку скористаємося формулою пункту 3.1 ДСанПіН 6.6.3-150-2007

$$K = \text{ПД}_0 / \text{ДПД} = N \cdot W \cdot N / (30 \cdot r^2 \cdot \text{ДПД}).$$

Значення радіаційного виходу, N , мГр·м²/(мА·хв) для напруги 125 кВ визначимо з Таблиці 1 Додатку 6 (ДСанПіН 6.6.3-150-2007). Застосовуємо метод екстраполяції.

$$N = 13.5 \text{ мГр} \cdot \text{м}^2 / (\text{мА} \cdot \text{хв}).$$

Коефіцієнт спрямованості N для стіни 2, для апарату, що має режим комп'ютерної томографії, приймаємо рівним 0,1.

За проектною документацією на рентгенівський бокс значення r складається:

$$r = 2,79 + 0,17 = 2,96 \text{ м},$$

де: 2,79 - відстань від фокусної плями до стіни 2 в крайньому положенні випромінювача під кутом 20°, м;

0,17 - товщина стіни 1 за проектною документацією, м.

$\text{ДПД} = 13 \text{ мкЗв/год}$ відповідно до таблиці 1 даного документу і таблиці 3, п. 3.8 (ДСанПіН 6.6.3-150-2007).

Розраховуємо коефіцієнт кратності ослаблення для стіни 2:

$$\text{Стіна 2: } K = 13500 \times 400 \times 0,1 / (30 \times 2,79^2 \times 13,0) = 177,88$$

Визначаємо товщину захисного шару у свинцевому еквіваленті, який потрібен для створення розрахованої кратності ослаблення із Таблиці 2 Додатку 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007 для табличного значення $K=200$ і анодної напруги 125

кВ. Для визначення коефіцієнта K для анодної напруги 125 кВ застосовуємо метод екстраполяції.

Потрібна товщина захисного шару у свинцевому еквіваленті дорівнює **1,1 мм Рв**.

Визначаємо товщину захисного шару у свинцевому еквіваленті, яку забезпечують матеріали стіни 2. Значення товщини матеріалу у свинцевому еквіваленті для анодної напруги 125 кВ беремо в Таблиці 3 Додатку 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007.

Для стіни 2 застосовані бетонні блоки товщиною 150 мм і баритова штукатурка товщиною 25 мм:

- свинцевий еквівалент бетону товщиною 150 мм визначаємо методом екстраполяції: 1,88 мм Рв;
- свинцевий еквівалент баритобетону товщиною 25 мм визначаємо методом екстраполяції: 1,28 мм Рв;
- загальний свинцевий еквівалент матеріалів стіни 1 складає: **3,16 мм Рв**.

Результат: захист стіни 2 для анодної напруги 125 кВ для комплексу БРС Томо) забезпечено.

Розрахунок захисту дверей А3 стіни 2 для БРС Томо

Коефіцієнт кратності ослаблення дверей А3 стіни 2 приймаємо таким, що дорівнює коефіцієнту кратності ослаблення стіни 2, а саме: $K=177,88$, табличне значення $K=200$ для анодної напруги 125 кВ. Потрібна товщина захисного шару у свинцевому еквіваленті дорівнює **1,1 мм Рв**.

За проектною документацією і таблицею 2 цього документу для виготовлення дверей А3 використані матеріали: сталь товщиною 2 мм, пінопласт товщиною 30 мм, захисний шар свинцю товщиною 2 мм, вкритий ламінатом товщиною 3 мм.

Визначаємо товщину захисного шару у свинцевому еквіваленті, яку забезпечує сталь товщиною 2 мм. Значення товщини матеріалу у свинцевому еквіваленті для анодної напруги 125 кВ беремо в Таблиці 3 Додатку 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007:

- сталь, товщиною 2 мм: 0,27 мм Pb (визначено методом екстраполяції).

Товщиною інших матеріалів можна знехтувати через низькі захисні властивості в свинцевому еквіваленті.

Загальний свинцевий еквівалент матеріалів дверей А3 для анодної напруги 125 кВ складає: $2 + 0,27 = 2,27$ мм Pb.

Результат: захист дверей А3 стіни 2 для комплексу БРС Томо) забезпечено.

РОЗРАХУНОК СТІНИ №3

а) для комплексу БРС Томо) для анодної напруги 125 кВ

Розраховуємо коефіцієнт кратності ослаблення для стіни 3 для анодної напруги 125 кВ, для кат. Б.

$$K = \text{ПД}_0 / \text{ДПД} = H \cdot W \cdot N / (40 \cdot r^2 \cdot \text{ДПД}),$$

де 40 - тривалість роботи рентгенівського апарата на тиждень для персоналу категорії Б, год/тижд.;

$$H = 13,5 \text{ мГр} \cdot \text{м}^2 / (\text{мА} \cdot \text{хв.})$$

$$N = 0,1$$

$$r = 2,83 \text{ м}$$

$\text{ДПД} = 1,0 \text{ мкЗв/год}$ відповідно до таблиці 1 даного документу і таблиці 3, п. 3.8 (ДСанПіН 6.6.3-150-2007).

Розраховуємо коефіцієнт кратності ослаблення для стіни 3:

Стіна 5: $K=13500 \times 400 \times 0,1 / (40 \times 2,83^2 \times 1,0) = 1685$

Із таблиці 2 Додатку 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007 визначаємо товщину захисного шару у свинцевому еквіваленті для табличного значення $K=2000$ і анодної напруги 125 кВ (методом екстраполяції).

Потрібна товщина захисного шару у свинцевому еквіваленті стіни 3 для комплексу КРДЦ-02-Альфа дорівнює **1,9 мм Рв**.

Загальний свинцевий еквівалент матеріалів стіни 3 складає: **3,16 мм Рв** (дивись РОЗРАХУНОК СТІНИ №1, пункт а) для комплексу КРДЦ-02-Альфа).

Результат: захист стіни 3 для комплексу БРС Томо) для анодної напруги 125 кВ забезпечено.

РОЗРАХУНОК СТІНИ №4

для комплексу БРС Томо для анодної напруги 125 кВ

Для розрахунку скористаємося формулою пункту 3.1 ДСанПіН 6.6.3-150-2007

$$K = ПД_0 / ДПД = N \cdot W \cdot N / (40 \cdot r^2 \cdot ДПД).$$

Значення радіаційного виходу, N , мГр·м²/(мА·хв) для напруги 125 кВ визначимо з Таблиці 1 Додатку 6 (ДСанПіН 6.6.3-150-2007). Застосовуємо метод екстраполяції.

$$N = 13,5 \text{ мГр} \cdot \text{м}^2 / (\text{мА} \cdot \text{хв}).$$

Коефіцієнт спрямованості N для стіни 4, для апарату, що має режим комп'ютерної томографії, приймаємо рівним 0,1.

40 - тривалість роботи на тиждень для персоналу категорії Б, год/тижд.;

За проектною документацією на рентгенівський бокс значення r складається:

$$r = 2,79 + 0,17 = 2,96 \text{ м},$$

де: 2,79 - відстань від фокусної плями до стіни 4 в крайньому положенні випромінювача під кутом 20° , м;

0,17 - товщина стіни 1 за проектною документацією, м.

ДПД = 1,0 мкЗв/год для приміщень персоналу категорії Б відповідно до таблиці 1 даного документу і таблиці 3, п. 3.8 (ДСанПіН 6.6.3-150-2007).

Розраховуємо коефіцієнт кратності ослаблення для стіни 4:

$$\text{Стіна 4: } K=13500 \times 400 \times 0,1 / (40 \times 2,96^2 \times 1,0) = 1540$$

Визначаємо товщину захисного шару у свинцевому еквіваленті, який потрібен для створення розрахованої кратності ослаблення із Таблиці 2 Додатку 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007 для табличного значення $K=1500$ і анодної напруги 125 кВ. Для визначення коефіцієнта K для анодної напруги 125 кВ застосовуємо метод екстраполяції.

Потрібна товщина захисного шару у свинцевому еквіваленті дорівнює **1,8 мм Pb.**

Визначаємо товщину захисного шару у свинцевому еквіваленті, яку забезпечують матеріали стіни 4. Значення товщини матеріалу у свинцевому еквіваленті для анодної напруги 125 кВ беремо в Таблиці 3 Додатку 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007.

Для стіни 4 застосовані бетонні блоки товщиною 150 мм і баритова штукатурка товщиною 25 мм:

- свинцевий еквівалент бетону товщиною 150 мм визначаємо методом екстраполяції: 1,88 мм Pb;
- свинцевий еквівалент баритобетону товщиною 25 мм визначаємо методом екстраполяції: 1,28 мм Pb;
- загальний свинцевий еквівалент матеріалів стіни 4 складає: **3,16 мм Pb.**

Результат: захист стіни 4 для анодної напруги 125 кВ для БРС Томо забезпечено.

б) Розрахунок захисту воріт Б2 стіни 4 для комплексу БРС Томо.

За проектною документацією і таблицею 2 цього документу для виготовлення воріт Б2 використані матеріали: сталь товщиною 2 мм, пінопласт товщиною 30 мм, захисний шар свинцю товщиною 2 мм, вкритий ламінатом товщиною 3 мм.

Визначаємо товщину захисного шару у свинцевому еквіваленті, яку забезпечує сталь товщиною 2 мм. Значення товщини матеріалу у свинцевому еквіваленті для анодної напруги 125 кВ беремо в Таблиці 3 Додатку 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007:

0,27 мм Pb (визначено методом екстраполяції).

Товщиною інших матеріалів можна знехтувати через низькі захисні властивості в свинцевому еквіваленті.

Сумарний свинцевий еквівалент матеріалів воріт Б4 для анодної напруги 125 кВ складає: $2 + 0,27 = 2,27$ мм Pb.

Потрібна товщина захисного шару у свинцевому еквіваленті стіни 4 для комплексу КРДЦ-02-Альфа дорівнює **1,8 мм Pb**.

Результат: захист воріт Б2 стіни 4 для БРС Томо) забезпечено.

РОЗРАХУНОК СТІНИ №7

а) для комплексу БРС Томо для анодної напруги 125 кВ

Для розрахунку застосовуємо формулу пункту 3.1 ДСанПіН 6.6.3-150-2007

$$K = \text{ПД}_0 / \text{ДПД} = H \cdot W \cdot N / (30 \cdot r^2 \cdot \text{ДПД}),$$

де 30 - тривалість роботи рентгенівського апарата на тиждень для персоналу категорії А, год/тижд.;

$$H = 13,5 \text{ мГр} \cdot \text{м}^2 / (\text{мА} \cdot \text{хв.})$$

$$N = 0,1$$

$$r = 1,62 \text{ м}$$

ДПД = 13,0 мкЗв/год відповідно до таблиці 1 даного документу і таблиці 3, п. 3.8 (ДСанПіН 6.6.3-150-2007).

Розраховуємо коефіцієнт кратності ослаблення для стіни 7:

$$\text{Стіна 7: } K = 13500 \times 400 \times 0,1 / (30 \times 1,62^2 \times 13,0) = 528$$

Із таблиці 2 Додатку 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007 визначаємо товщину захисного шару у свинцевому еквіваленті для табличного значення $K=600$ і анодної напруги 125 кВ (методом екстраполяції).

Потрібна товщина захисного шару у свинцевому еквіваленті стіни 7 для комплексу КРДЦ-02-Альфа дорівнює **1,5 мм Pb.**

Визначаємо товщину захисного шару у свинцевому еквіваленті, яку забезпечують матеріали стіни 7. Значення товщини матеріалу у свинцевому еквіваленті для анодної напруги 125 кВ беремо в Таблиці 3 Додатку 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007.

Для стіни 7 застосовані бетонні блоки товщиною 150 мм і баритова штукатурка товщиною 50 мм (по 25 мм з кожної сторони):

- свинцевий еквівалент бетону товщиною 150 мм визначаємо методом екстраполяції: 1,88 мм Pb;

- свинцевий еквівалент баритобетону товщиною 50 мм визначаємо методом екстраполяції: 2,44 мм Pb.

Загальний свинцевий еквівалент матеріалів стіни 7 складає: **4,32 мм Pb.**

Результат: захист стіни 7 для комплексу БРС Томо) забезпечено.

Таким чином, поза стінами калібрувальної №8 виробника радіаційний захист забезпечено, що гарантує безпеку для персоналу категорій А і Б підприємства.

Результати розрахунку огорожуючих конструкцій Калібрувальної №8 представлені в таблиці 4.

Результати розрахунку захисту будівельних конструкцій приміщень рентгенівського боксу від іонізуючого випромінювання

ТАБЛИЦЯ 7 КАЛІБРУВАЛЬНА № 8

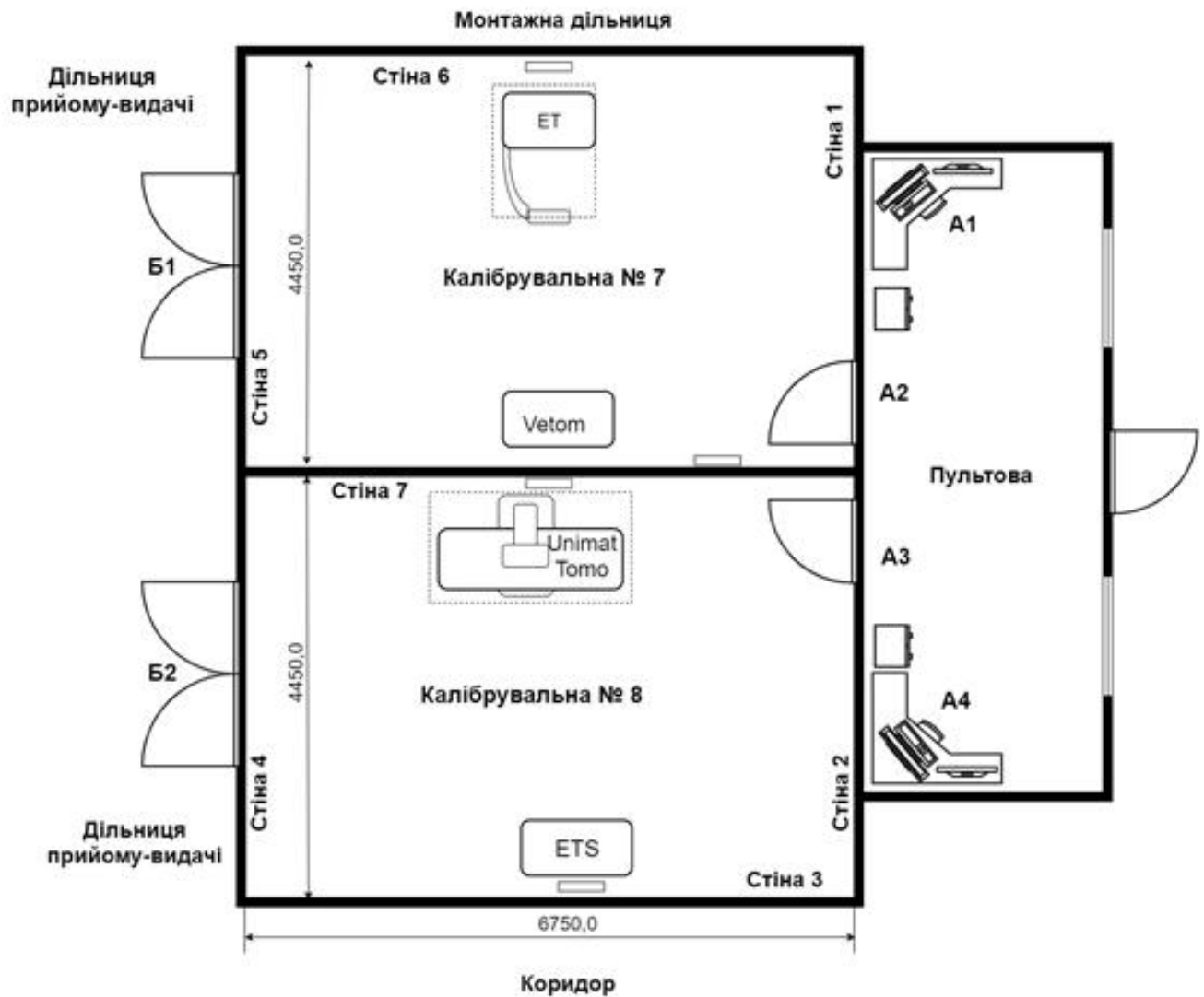
№ п/п	Найменування огорожуючої конструкції	Найменування моделі апарату, напруга, кВ	Найменування і категорія суміжного приміщення	Відстань, r, від фокусу рентген. трубки до точки розрахунку, м	Допустима потужність дози, ДПД, за стаціонарним захистом, мкЗв/год	Свинцевий еквівалент, визначений по коефіцієнту ослаблення дози (табл. 2, дод. 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007), мм Рb	Свинцевий еквівалент будівельної конструкції, мм Рb	Захисний матеріал		Результат
								назва	товщ., мм	
1.	Стіна 2	КРДЦ-02-Альфа а 125 кВ (UNIMAT Тото)	Пультова, кат. А	2,96	13,0	1,1 мм Рb (K=177,88)	3,16 мм Рb	-	-	Додатковог о захисту не потребує
2.	Двері А3	-«-	Пультова, кат. А	2,96	13,0	1,1 мм Рb (K=177,88)	2,27 мм Рb	свинець	2,0	-«-
3.	Стіна 3	-«-	Коридор, кат. Б	2,83	1,0	1,9 мм Рb (K=1685)	3,16 мм Рb	-	-	-«-
4.	Стіна 4	-«-	Дільниця прийому-видачі	2,96	1,0	1,8 мм Рb	3,16 мм Рb	-	-	-«-

№ п/ п	Найменування огорожуючої конструкції	Найменування моделі апарату, напруга, кВ	Найменування і категорія суміжного приміщення	Відстань, r, від фокусу рентген. трубки до точки розрахунку , м	Допустима потужність дозы, ДПД, за стаціонарни м захистом, мкЗв/год	Свинцевий еквівалент, визначений по коефіцієнту ослаблення дозы (табл. 2, дод. 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007) , мм Pb	Свинцевий еквівалент будівельної конструкції , мм Pb	Захисний матеріал		Результат
								назва	товщ. , мм	
			, кат. Б			(K=1540)				
5.	Ворота Б2	-«-	Дільниця прийому-видачі , кат. Б	2,96	1,0	1,8 мм Pb (K=1540)	2,27 мм Pb	свинець	2,0	-«-
6.	Стіна 7	-«-	Калібрувальна №7, кат. А	1,62	13,0	1,5 мм Pb (K=528)	4,32 мм Pb	-	-	-«-
7.	Стіна 2	КРДЦ-04-Альфа 100 кВ (ETS)	Пультова, кат. А	3,87	13,0	0,26 мм Pb (K=25)	3,28 мм Pb	-	-	-«-
	Стіна 2	-«-	Коридор, кат. Б	3,87	1,0	0,60 мм Pb (K=227)	3,28 мм Pb	-	-	-«-
8.	Двері А3	-«-	Пультова, кат. А	3,05	13,0	0,26 мм Pb (K=25)	2,33 мм Pb	свинець	2,0	-«-

№ п/ п	Найменування огорожуючої конструкції	Найменування моделі апарату, напруга, кВ	Найменування і категорія суміжного приміщення	Відстань, r, від фокусу рентген. трубки до точки розрахунку , м	Допустима потужність дозы, ДПД, за стаціонарни м захистом, мкЗв/год	Свинцевий еквівалент, визначений по коефіцієнту ослаблення дозы (табл. 2, дод. 6 ДСанПіН 6.6.3-150-2007) , мм Рb	Свинцевий еквівалент будівельної конструкції , мм Рb	Захисний матеріал		Результат
								назва	товщ. , мм	
9.	Стіна 3	-«-	Коридор, кат. Б	1,25	1,0	1,16 мм Рb (K=2176)	3,28 мм Рb	-	-	-«-
10.	Стіна 4	-«-	Дільниця прийому-видачі , кат. Б	3,21	1,0	1,73 мм Рb (K=330)	3,28 мм Рb	-	-	Додатковог о захисту не потребує
11.	Ворота Б2	-«-	Дільниця прийому-видачі , кат. Б	3,21	1,0	1,73 мм Рb (K=330)	2,33 мм Рb	свинец ь	2,0	-«-
12.	Стіна 7	-«-	Калібрувальна № 7, кат. А	3,4	13,0	0,33 мм Рb (K=30)	4,31 мм Рb	-	-	-«-

ДОДАТОК 1

Схема розміщення ДІВ в приміщеннях Калібрувальної №7 і Калібрувальної №8



A1, A4 – робочі місця персоналу категорії А;

A2, A3 - дверні прорізи;

B1, B2 - отвори технологічного призначення;

ET - комплекс КРДЦ-04-Альфа (ET);

ETS - комплекс КРДЦ-04-Альфа (ETS);

Vetom - комплекс КРДЦ-01-Альфа (Vetom;) ступінь деталізації картини структурних змін в органі.

Медичними працівниками було проведено аналіз результатів обстеження

хворих з мінімальними змінами або взагалі без змін на звичайних оглядових рентгенограмах, але з наявністю клінічних проявів легеневого захворювання. Це були хворі, які потребували рентгенологічного дообстеження. Такі хворі склали близько 20,0% від загальної кількості обстежуваних за допомогою МСКТ хворих. Аналіз отриманих результатів показав, що у 3,0–5,0% хворих, з наявністю вогнищевих змін на звичайних рентгенограмах, їх не виявляли при МСКТ, а у 5,0–7,0% хворих за відсутності змін на оглядових рентгенограмах — виявлялись вогнищеві зміни. Тобто майже у 12,0% випадків звичайна рентгенограма в двох проекціях не відображає реальних морфологічних змін у легеневій тканині і не може бути обґрунтуванням діагнозу. Це пов'язано з тим, що низька чутливість звичайного рентгенівського дослідження не дозволяє виявляти ранні специфічні зміни в паренхімі легень, і це призводить до значного відсотку помилок в ранній діагностиці туберкульозу.

Проте виникають труднощі в організації аналогічного обстеження (скринінгу) на наявних в Україні КТ, які обумовлені:

- малої продуктивності КТ - 8 пацієнтів за зміну з урахуванням дезінфекції - 1 година;
- високого дозового навантаження на пацієнтів, що перевищує допустимий чинним законодавством поріг 1 мЗв на рік;
- віддаленістю КТ від приймальних відділень лікарень

Як альтернативу КТ можна було б використовувати системи з лінійним томосинтезом, адже такі комплекси можна встановлювати безпосередньо в рентгенівських кабінетах приймальних відділень медичних закладів.

Апарати займають менше місця, забезпечують в 3 ... 5 разів більшу продуктивність і дають в 5 ... 10 разів менше дозове навантаження на пацієнтів в порівнянні з КТ.

3.2 Експериментальна оцінка відповідності зображень томосинтезу до зображень комп'ютерної томографії при дослідженнях ОГК

На сьогоднішній день медичній практиці використовуються три рентгенівські методи діагностики органів грудної порожнини (ОГП): цифрова рентгенографія, комп'ютерна томографія та цифровий рентгенівський

томосинтез. Враховуючи, що дозове навантаження на пацієнта при томосинтезі ОГК, за розрахунками, до 10 разів менше, ніж при КТ дослідженні є підстави вважати використання першого метода більш бажаним, особливо при масових дослідженнях.

Для оцінки відповідності бралися вимоги Європейського Союзу до якості КТ зображень та проводилися прямі вимірювання на виконаних дослідженнях.

В вимогах Європейського[2] Союзу загальними критеріями візуалізації окремих тканин на КТ зображеннях грудної клітини є:

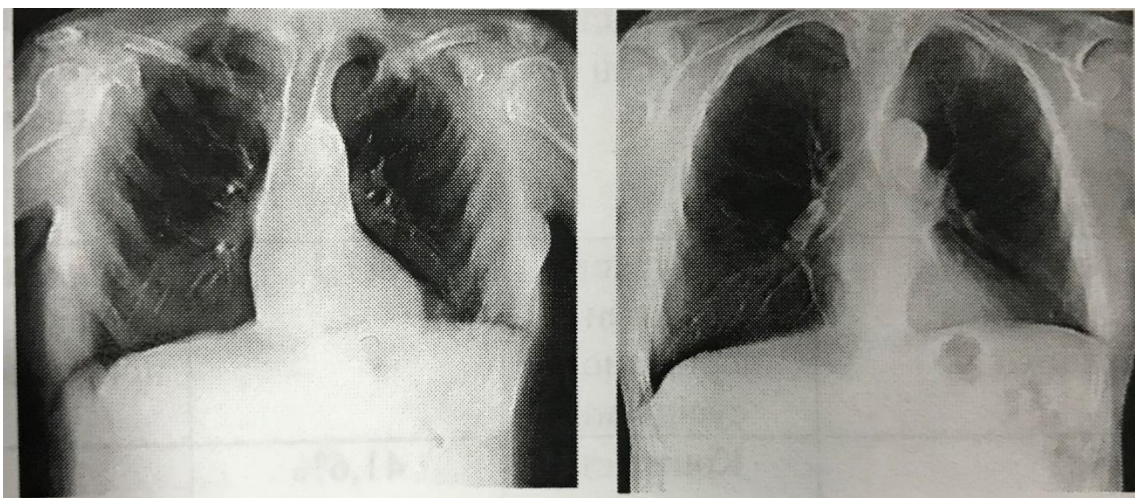
візуалізація повністю всієї грудної клітини (Рис. 9а і б):

візуалізація всієї грудної аорти та порожнистої вени (Рис. 9.б);

візуалізація повністю всього серця (Рис. 9.а);

візуалізація повністю всієї паренхіми легень (Рис.9.а і б)

візуалізація судин легень після введення контрастної речовини (досліди з контрастною речовиною не було проведено, за відсутності клінічних прикладів).



Малюнок 9 а) візуалізація повністю всієї грудної клітини, б) візуалізація всієї грудної аорти та порожнистої вени

Дослідження 34 випадків показало, що при правильному розміщенні пацієнта 4 з 5 критеріїв виконуються повністю. У наявній базі даних не було випадків дослідження судин легень із введенням контрастної речовини, тож цей критерій не підтверджено.

Окрім загальних критеріїв візуалізації ще є критерії чіткого відтворення анатомічних структур. Ці критерії, а також методи і значення їх вимірювань приведені у таблиці

ТАБЛИЦЯ 3 КРИТЕРІЇ ВІДТВОРЕННЯ АНАТОМІЧНИХ СТРУКТУР ДЛЯ КТ.

Назва критерію для КТ	Метод вимірювання для ЦРТ	Значення вимірювання	Примітки
Чітке відтворення грудної аорти	Контраст тканини порівняно з сусідніми	28,7%	
Чітке відтворення передніх структур середостіння, включаючи тимусний залишок	Сігма	53,9	
Відтворення трахеї та головних бронхів	Контраст границі	28,6	
Чітке відтворення паратрахеальної тканини	Контраст тканини порівняно з сусідніми	45,1	
Чітке відтворення стовбуру трахеї та лімфатичних вузлів	Контраст границі	32,2	Лімфатичні вузли не виражені
Чітке відтворення стравоходу	Контраст тканини порівняно з сусідніми	47,3	Видимий не по всій протяжності
Чітке відтворення границі середостіння плеври	Контраст границі	41,6	
Візуально чітке відтворення великих і середніх легеневих судин	Контраст тканини порівняно з сусідніми	21,3	
Чітке відтворення сегментарних бронхів	Контраст тканини порівняно з сусідніми	37,6	
Чітке відтворення паренхіми	Сігма	32,7	

легенів			
Чітке відтворення границі між плеврою і грудною стінкою	Контраст границі	35,7	

Для того, щоб людина-оператор розрізнив об'єкт, необхідно. Щоб об'єкт мав контраст не менше 5%. Отже можна стверджувати, що 9 з 11 критеріїв якості КТ зображень для ОГК виконуються повністю при виконанні досліджень за допомогою томосинтезу, а 2 з 11 – частково.

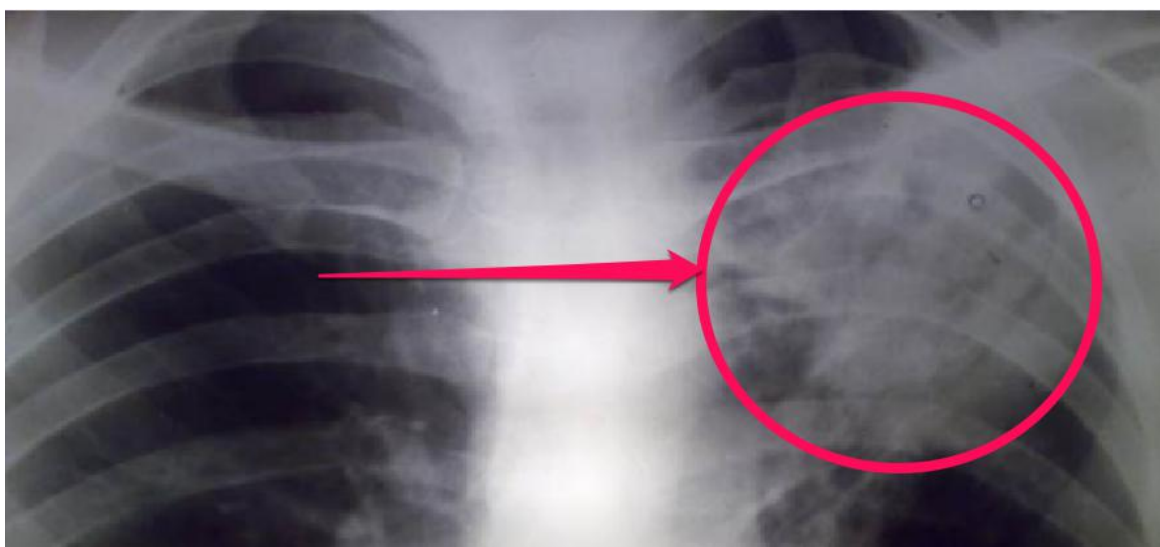
3.3 Оцінка діагностичної ефективності порівняно з рентгенографією

Рентген діагностика ОГК, на сьогоднішній день – один з найдоступніших методів для виявлення туберкульозу, проте лікарі дуже часто стикаються з тим, що звичайного рентгенівського знімку недостатньо для правильної постановки діагнозу, або оцінки ураження легень. Та інших органів ОГК.

Пацієнтам, що пройшли рентгенівське обстеження органів грудної клітини може бути додатково назначене дообстеження на системі з томосинтезом в наступних випадках:

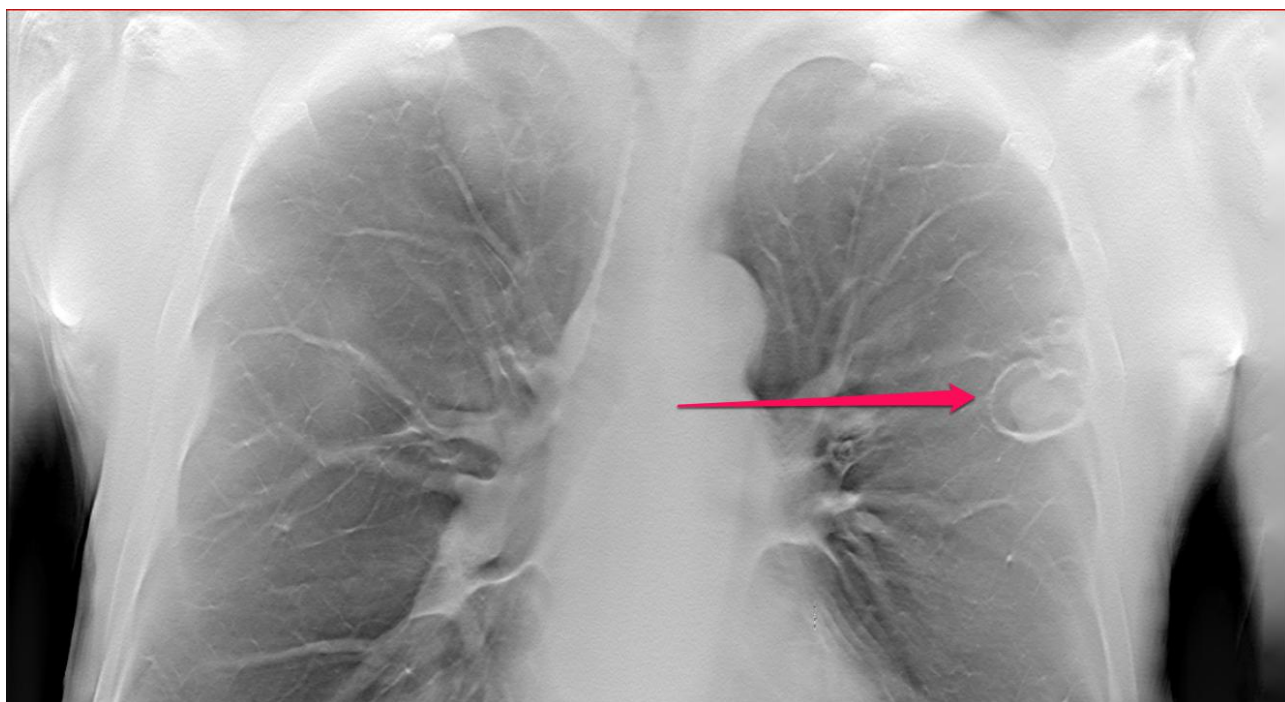
- для підтвердження перелому ребер;
- при наявності інфільтрації в легеневій структурі, для визначення обсягу ураження;
- підтвердження/спростування наявності деструкцій в легеневій тканині;

Легеневий інфільтрат - скупчення рідини (ексудату) у легеневій паренхімі. В нормі альвеолярні бульбашки заповнені повітрям, завдяки чому людина може дихати. Ділянки легень з інфільтратами втрачають функціональні властивості та набрякають, у зв'язку з цим лікарі говорять про ураження легень



Малюнок 10

Деструкція легень - (ІДЛ) патологічний процес, який характеризується омертвінням і розпадом **легеневої тканини** в результаті дії патогенних мікроорганізмів. Абсцес легені неспецифічне запалення **легеневої тканини**, що супроводжується виникненням однієї або декількох гнійно-некротичних порожнин.



Малюнок 11

Для оцінки ефективності томосинтезу порівняно з загальною рентгенографією ОГК було обрано 20 пацієнтів туберкульозного диспансеру, у яких після проведення рентгенографічних обстежень було виявлено вогнища легеневої інфільтрації на знімках. Всім пацієнтам було назначено дообстеження з томосинтезом.

За погодженням з лікарями рентгенологами в даному дослідженні було зони інфільтрації для отримання кількісного вимірювання контрасту для таких параметрів:

- контраст уражених зон на фоні легеневої тканини (Рис. 12 зона Б)
- контраст уражених зон на фоні ребер (Рис. 12 зона В)
- наявна деструкція контрасту є з фоном (Рис. 12 зона А)
- наявність деструкції в зонах інфільтрації (Рис. 12 зона А)

Згідно з цим було запропоновано виміряти відношення яскравості об'єктів до навколишнього фону для областей 1, 2, 3 та позначити результати вимірювань як значення контрасту $k_{1,2}$:

$$k_{1,2}=(V_0-V_\beta)/V_\beta \quad (4.1)$$

де V_0 - яскравість об'єкта;

V_β - яскравість фону.

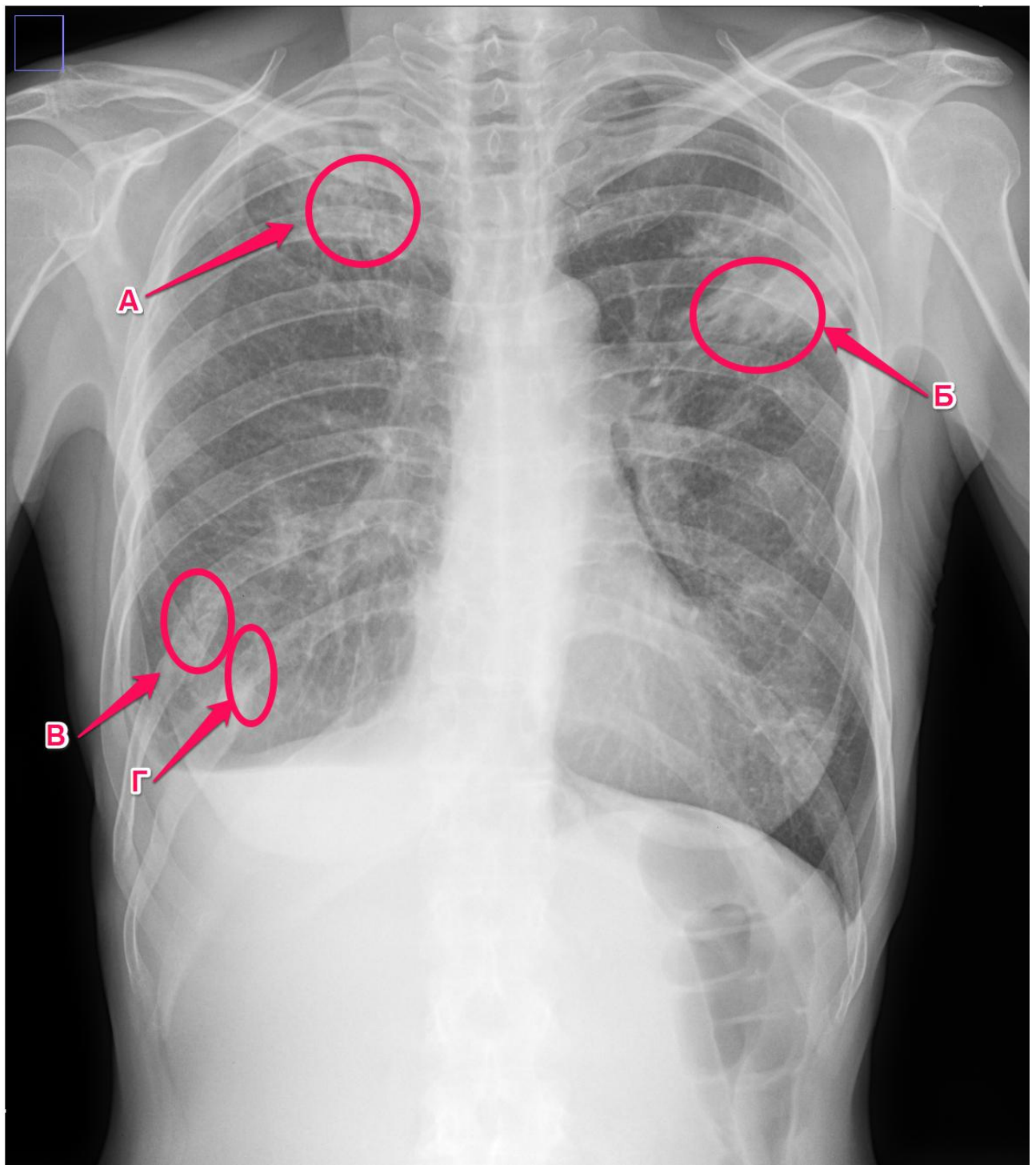
Для зони 4 дати оцінку чи візуально спостерігається чи ні деструкції в зонах інфільтрації.

Приклад одного з рентгенівського знімку пацієнта разом з висновком лікаря, для якого проводилась оцінка ефективності систем з томосинтезом для діагностики органів грудної клітини:

В верхніх долях обох легень ділянки інфільтрації без чітких контурів неоднорідної щільності с ділянками просвітлень і доріжкою до кореню (А, Б) , ділянки пневмофіброзу в нижніх відділах легень з обох сторін

Топографія коренів незмінна. В правій плевральній порожнині невелика кількість вільної рідини, її верхня межа розташовується вздовж переднього кінця 6 ребра (250-300 мм). У лівій плевральній порожнині випоту немає. Серце нормальної конфігурації у розмірах не збільшено. Консолідовані переломи 9, 10 (В, Р) ребер справа. R-архів не представлено.

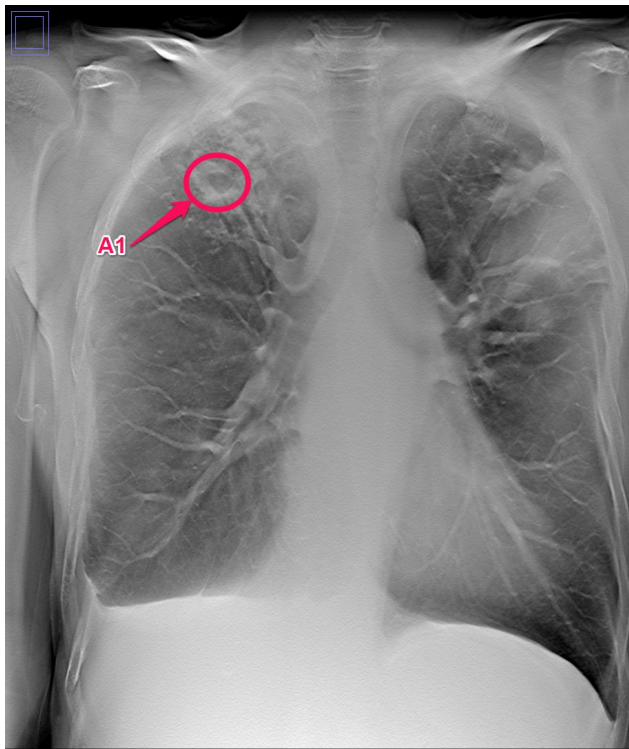
Висновок: інфільтративний туберкульоз в 1 частині обох легенів, правосторонній гідроторакс. Додатково призначений томосинтез для уточнення деструкції.



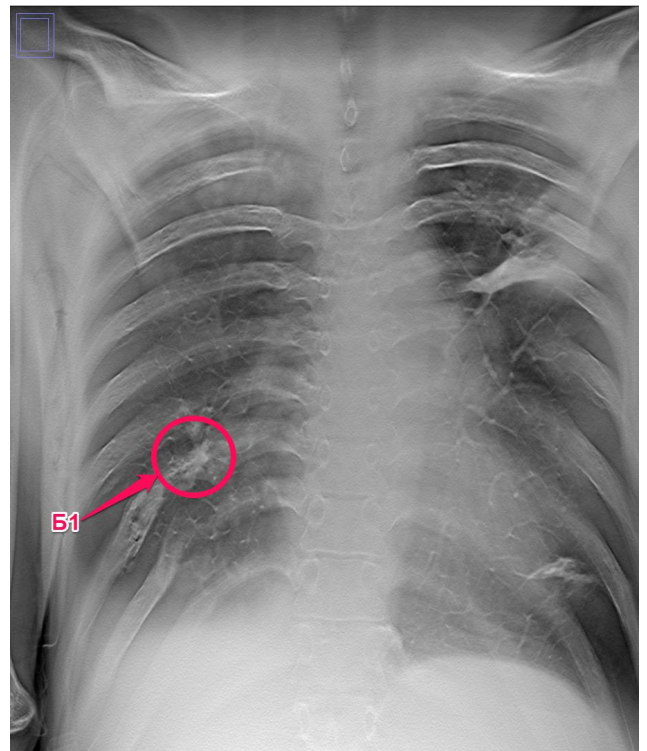
Малюнок 12

Після проведення дообстеження з томосинтезом, було виявлено деструкцію у зоні А , та додаткову інфільтрацію між зонами В та Г

Приклад виявлених патологій після проведення дообстеження за допомогою томосинтезу:



Малюнок 13



Малюнок 14

Якщо брати до уваги, що у кожного пацієнта, зони ураження індивідуальні, у дипломі наведено зони, в яких проводилися вимірювання лише для одного пацієнта.

ТАБЛИЦЯ 4

	Рентгенографія	Томосинтез
Контраст уражених зон на фоні легеневої тканини	6,6	14,5
Контраст уражених зон на фоні ребер	2,6	7,2
Наявна деструкція контрастує з фоном	0,9	6,2
Наявність деструкції в зонах інфільтрації	Частково видима	Видима

Висновки: продемонстроване збільшення контрасту локальних об'єктів в 2,2-7 рази при томосинтезі в порівнянні з рентгенографією, в даному застосуванні підвищує точність виявлення змін в легеневій структурі, що є необхідним для діагностування туберкульозу на початковій стадії.

РОЗДІЛ 4

Охорона праці

4.1 Загальні положення

Охорона праці являється системою законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на створення безпечних умов, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Складовими охорони праці є законодавство про працю, виробнича санітарія і безпека застосування різних технічних засобів на виробничих процесах включаючи пожежну безпеку.

При використанні рентген діагностичних комплексів лікувальний заклад відповідно до статті 40 Закону України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення" зобов'язаний облаштовувати рентген кабінет відповідно до наказу №294 від 04.06.2007 про затвердження Державних санітарних правил і норм «Гігієнічні вимоги до влаштування та експлуатації рентгенівських кабінетів і проведення рентгенологічних процедур».

Державні санітарні правила і норми "Гігієнічні вимоги до влаштування та експлуатації рентгенівських кабінетів і проведення рентгенологічних процедур" (далі - Правила) встановлюють основні принципи, вимоги та норми із забезпечення захисту персоналу медичного, віднесеного до категорій А та Б, пацієнтів і населення при проведенні медичних рентгенологічних процедур з діагностичною, профілактичною, терапевтичною та дослідницькою метою незалежно від методу їх проведення.

Вимоги цих Правил обов'язкові для будь-яких юридичних та фізичних осіб, які здійснюють діяльність, пов'язану з медичним опроміненням при проведенні рентгенологічних процедур.

Правила застосовуються при проектуванні, будівництві, реконструкції та експлуатації рентгенівських відділень (кабінетів) лікувально-профілактичних закладів незалежно від форм власності та фізичних осіб - суб'єктів підприємницької діяльності. Перед початком прийому пацієнтів, рентген діагностичний кабінет має бути введеним в експлуатацію.

Уведення в експлуатацію рентгенівського кабінету здійснюється комісією, яку створює керівник лікувально-профілактичного закладу. Комісія складає акт прийняття рентгенівського кабінету в експлуатацію.

Підставою на право експлуатації рентгенівського кабінету є Санітарний паспорт, форма якого наведена у додатку 1, виданий територіальним закладом державної санітарно-епідеміологічної служби України.

Відповідно до цих правил ми маємо наступні визначення:

Джерело іонізуючого випромінювання (ДІВ) - об'єкт, що містить

UnimatTomo - комплекс КРДЦ-02-Альфа (UNIMAT Tomo).

Розділ 5 Охорона праці.

5.1 Охорона навколишнього середовища

Система державних, суспільних та міжнародних заходів, які забезпечують раціональне використання, відновлення, примноження та збереження природних ресурсів від руйнування, забруднення та виснаження. Охорона навколишнього середовища має велике економічне та соціально-політичне значення, вона здійснюється з господарською, науковою, оздоровчою та культурною метою.

При оцінюванні наслідків антропогенного впливу на навколишнє середовище важливе місце належить визначенню допустимих масштабів впливу, зокрема гранично допустимих концентрацій різних речовин — забруднювачів атмосфери, води та ґрунту. Кількісно та якісно вплив людини на навколишнє середовище стрімко зростає при Науково Технічний Прогрес. Тому, починаючи з середини ХХ ст., значне виснаження природних багатств та забруднення навколишнього середовища змусили органи влади багатьох країн вжити заходів з охорони надр, атмосферного повітря, вод, лісів, тваринного та рослинного світу.

У більшості країн з високим та середнім рівнем розвитку (у т.ч. і в Україні) створені національні парки, заповідники, заказники та інші території, що охороняються. Згодом прийшло розуміння того, що НТП не лише не суперечить О.н.с., а в сучасних умовах тільки використання його досягнень — єдиний реальний засіб забезпечити О.н.с. при одночасному задоволенні різноманітних потреб людської цивілізації за рахунок єдиного в кінцевому підсумку джерела задоволення цих потреб, наявного на нашій планеті — природних ресурсів. Тому головну увагу стали приділяти впровадженню маловідходних технологій, обладнання для знешкодження викидів, стоків та відходів, економічному стимулюванню робіт з О.н.с.

Основними напрямками робіт з О.н.с.

5.2 Зв'язок рентгену з режимом томосинтезу

в зв'язку з тим, що рентгенівський комплекс з режимом томосинтезу, має лише генероване джерело випромінення, спеціальні вимоги для захоронення ядерних відходів на рентгенівські апарати не поширюються. Щоправда, є певна процедура, згідно з якою проходить списання та утилізація рентгенівських комплексів.

Для списання рентгенівського обладнання, заклад, на який зареєстрований рентгенівський випромінювач, має зібрати комісію, і складом цієї комісії, підписаний акт, що рентгенівська трубка не може виконувати свої функції і має бути списаною, після чого рентгенівська трубка розбивається, а в акті робиться запис:

Комісією проведено знищення R₀ - трубки шляхом механічного руйнування скляної колби R₀-трубки, від'єднання аноду, наконечників та відведення катода з подальшим розбиранням металевих частин трубка перетворена на брухт, який утилізовано в звичайному порядку.

В даному випадку, утилізація в звичайному порядку, означає, що рештки рентгенівського апарату, будуть перевезені на звалище. Це стало однією з причин, що останніми роками безсвинцевій пайці у виробництві виробів мікроелектроніки приділяють пильну увагу фахівці, які працюють у цій галузі. Це пов'язано із закликом екологів заборонити використання свинцю в електронній апаратурі. На їхню думку, розміщення на полігонах (звалищах) виробів, що відслужили свій термін, що містять свинець у припої, погіршує екологічну ситуацію. До найбільш токсичних металів відносяться ртуть, кадмій, свинець, миш'як. Вони не є життєво необхідними, ні благотворними, але навіть у малих дозах призводять до порушення нормальних метаболічних* функцій організму. Об'єднана комісія ВООЗ з харчового кодексу (Codex Alimentarius) включила ртуть, кадмій на сьогодні є: якнайповніше вилучення з надр Землі мінеральної сировини при видобутку; її комплексна переробка; попередження забруднення атмосферного повітря, вод та ґрунтів промисловими, комунальними та іншими викидами, відходами, отрутохімікатами., свинець, миш'як, мідь, стронцій, цинк та залізо до числа компонентів, вміст яких

контролюється при міжнародній торгівлі продуктами харчування. Медико - біологічними вимогами СанПіН 2.3.2.560-96 визначено критерії "небезпеки" наступних металів: свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк, олово, залізо.

Аналіз припоїв і паяних покриттів у виробництві виробів радіоелектроніки показав, що їх склад входять переважно такі метали: Ві, Jn, Cd, Co, Cu, Ni, Sn, Ag, Sb, P, Zn.

Екологічна оцінка припоїв ПОС40 (40Sn/60Pb) та припою без свинцевої пайки 95,5Sn/4Ag/0,5Cu

Свинець є отрутою, що накопичується протягом багатьох років у тканинах організму. Згідно з даними австралійських служб з охорони здоров'я робітників, 30% свинцю, що потрапляє на людину, адсорбується шкірними покривами, а 70% осідає в легенях. Зовнішніми симптомами отруєння є головні болі та болі в суглобах, проте воно викликає і приховані, більш серйозні наслідки у вигляді уражень нирок та нервової системи, безпліддя та вроджених вад.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) для свинцю та його неорганічних сполук прийняті: для атмосферного повітря (ГДКав) - 0,003 мг/м³, для робочої зони

(ПДКр.з.) - 0,01 мг/м³, для питної води (ПДКп.в.) - 0,03 мг/л [3,4].

Максимально допустимі разові концентрації забруднюючих речовин (ЗВ): для окису олова (у перерахунку на олово) ПДКр.з. - 2 мг/м³, ГДК - 0,02 мг/м³; для міді ПДКр.з. - 1 мг/м³, ГДКав - 0,002 мг/м³; для срібла ГДК рз - 1 г/м³, ГДК в - не регламентується [9].

Метаболізм - сукупність хімічних реакцій, що протікають у живих клітинах і забезпечують організм речовинами та енергією для його життєдіяльності

Порівняємо параметри виділень та викидів на робочому місці на ділянці пайки ПЕТ електропаяльником із застосуванням припоїв ПОС40 (олово 40%, решта — свинець) та припою без свинцевої пайки 95,5Sn/4Ag/0,5Cu.

При паянні електропаяльником 20-60 Вт припоєм ПОС40 виділяються: свинець та його сполуки – 0,005 мг/с; оксид олова - 0,0033 мг/с.

При пайці в тих же умовах припоєм 95,5 Sn/4Ag/0,5 Cu виділяється оксид олова - 0,012 мг/с. Виділеннями ЗВ — срібла та міді — нехтуємо через їх малість.

Припустимо, що процес паяння здійснюється у приміщенні об'ємом 10 м³ на одне робоче місце під місцевою витяжкою з параметрами джерела забруднення атмосфери (ІЗА) та загально обмінної вентиляції: діаметр труби – 0,4 м; лінійна швидкість потоку повітря в трубі – 3 м/с; об'ємна швидкість потоку повітря в трубі – 0,38 м³/с; ефективність місцевого відсмоктування - 0,9; ефективність загально обмінної вентиляції - 0,5.

ТАБЛИЦЯ 8 ТОКСИКОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Метал	Шляхи потрапляння і відношення до організму	Фізіологічна функція металу	Наслідки шкідливого впливу на організм	ГДК (гранично допустима концентрація) у повітрі, воді, ґрунті
Pb	Шкіра, рот і дихальні шляхи; токсичний.	Сполучається з тіоловими групами (-SH) білка; ускладнює проникнення заліза (II) до гемоглобіну.	Головні болі, послаблення пам'яті, агресивність, тупоум'я, психологічні розлади, безсоння.	<ul style="list-style-type: none"> • 0,05 мг/м³, • 0,1 мг/дм³, • 15 мг/кг
Hg	Шкіра, рот і дихальні шляхи; токсичний.	Дуже токсичними є алкіл ртутні сполуки, що атакують центральну нервову систему.	У дорослих – загальмованість органів чуття, у дітей – окрім того, розумова відсталість, у плода – недорозвиненість мозку, органів чуття, параліч рук і ніг, дрижання рук і ніг, параліч мовлення.	<ul style="list-style-type: none"> • 0,005 мг/м³, • 0,001 мг/дм³
Cd	Дихальні шляхи, стравохід; токсичний, ракотворчий.	Робить бездіяльними ензимами з групи -SH, видаляє цинк (II) з ензимів; акумулюється в листях тютюну, організмі людини, устриць, курей, ягнят.	Видалення кальцію з організму і деформація кісток, атрофія м'язів ("itai-itai") і нюху; високий тиск, рак легенів, статевих органів і ротової порожнини.	<ul style="list-style-type: none"> • 0,05 ppm, • 0,05 ppm, • 0,1 ppm

Ni	Дихальні шляхи, стравохід; мікроелемент, ракотворчий.	Активатор деяких ензимів, впливає на гормональну активність; акумулюється в лімфатичних вузлах, фітопланктоні, тютюні, річних породах.	Вада – пігментні зміни, деформація кісток, пухлина суглобів, виродження печінки; зайва кількість – порушення структури нуклеїнових кислот, рак, екзема.	<ul style="list-style-type: none"> • 1000 мг/м³, • 5 ppb, XO ppm
Fe	Стравохід; мікроелемент	Утворює сполуки, що виконують основну роль в метаболізмі (дихання, фотосинтез).	Недостача – малокров'я, хлороз, атрофія слизової оболонки; зайва кількість – робить бездіяльним марганець (II), відкладається скрізь.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 мг/м³, • 0,5 г/м³, XO%
Zn	Дихальні шляхи, стравохід; мікроелемент	Утворює ензими, що регулюють метаболізм вуглеводів і білка, прискорює загоєння ран, має вирішальне значення в питанні про плодоносність.	Нестача – облісіння, низький зріст, обмеження дітородних функцій; зайва кількість – малокров'я, хлороз рослин, гальмування метаболізму.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 мг/м³, • 0,5 г/м³,
Ag	Дихальні шляхи, стравохід; бактеріологічний.	Сполучається з білками.	Зайва кількість – ушкоджує оболонку клітки, призводить до некрозу тканин, спричиняє зростання вмісту міді (II) в нирках і печінці.	<ul style="list-style-type: none"> • 0,001 нг/м³; • 0,005 г/м³

ТАБЛИЦЯ 9 КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗВ ТА ІЗА ПРИ ПАЯННІ РІЗНИМИ ПРИПОЯМИ

Припій	Забруднююча речовина	Робоча зона		Джерело забруднення атмосфери	
		мг/м ³	доля ПДК	мг/м ³	доля ПДК
ПОС40	Свинець і його поєднання	0,36	36	0,0059	5,90
	Олово оксид	0,24	0,12	0,0039	0,20
95,5Sn/4Ag/0.5Cu	Олово оксид	0,86	0,43	0,0143	0,71

Санітарно-гігієнічна оцінка використання припою ПОС40 та припою безсвинцевої пайки 95,5Sn/4Ag/0,5Cu проведена для робочої зони (РЗ), де залишаються 10% ЗВ, які можуть накопичуватися у приміщенні протягом зміни.

Концентрація ЗВ у робочій зоні (Q З) визначається як добуток максимально-разових виділень ЗВ (q), коефіцієнта «чистого» часу роботи паяльником (0,5), частки ЗВ, що виділяється в приміщення (0,1), ефективності загальнообмінної вентиляції (0,5), часу виділень (1 зміна, 8 годин, 28 800 с), віднесене до обсягу приміщення (10 м³):

$$Q_{PЗ} = q \times 0,5 \times 0,1 \times 0,5 \times 28800/10, \text{ мг/м}^3.$$

Екологічна оцінка застосування тих же припоїв проведена на ІЗА (Qав), на якому викидається 90% ЗВ, та визначається як добуток максимально-разових виділень ЗВ (q), коефіцієнта «чистого» часу роботи паяльником (0,5), частки ЗВ, що викидаються атмосферне повітря (0,9), віднесене до об'ємної швидкості потоку повітря в трубі (0,38 м³/с):

$$Q_{ав} = q \times 0,5 \times 0,9/0,38, \text{ мг/м}^3.$$

Результати розрахунку наведено у таблиці 2.

Таким чином, порівняльний аналіз застосування припою ПОС40 та припою безсвинцевої пайки 95,5Sn/4Ag/0,5Cu показав екологічну безпеку використання у виробництві припоїв безсвинцевого паяння. При застосуванні припою, що містить свинець, за тих же умов організації робочого місця на ділянці пайки не вдається досягти допустимих рівнів ГДК ЗВ як у робочій зоні, так і на викиді ІЗА.

Висновок. Вирішення проблем без свинцевого паяння

1. Утилізація вузлів радіоелектронної апаратури повинна проводитись на спеціалізованих підприємствах. Тому питання попадання в ґрунт і підземні Води свинцю з апаратури, що містить цей метал, є дискусійними і вимагають

додаткових всебічних досліджень фахівців різного профілю разом з екологами. Результати аналізу концентрації забруднюючих речовин у ґрунті в районі полігону ТПВ та в населеному пункті (на відстані 1,5 км від полігону) показують, що вміст важких металів та мікроелементів не перевищує норми ГДК (за даними досліджень співробітників ЗАТ НВФ «Овен»), той самий час слід зазначити підвищену концентрацію цинку, кадмію, заліза (заг.), свинцю і хрому у населеному пункті проти полігоном ТПВ.

2. Перевищення ГДК свинцю в навколишньому середовищі пов'язано, насамперед, з викидом підприємств, що виплавляють свинець та виробляють свинцеві припої, а також із вихлопними газами бензинових автомобілів.

Отруєння рослин важкими металами відбувається за рахунок випадання токсичних металів із атмосфери на поверхню листя. За цією ознакою лідируючу позицію займають кадмій і свинець.

3. При використанні свинцевих припоїв джерелом забруднення атмосфери свинцем є операція пайки у виробництві виробів мікроелектроніки (дискретні напівпровідникові вироби, друковані плати тощо). Зменшити концентрацію свинцю в робочій зоні та викиди в атмосферу при паянні свинцевими припоями можна за рахунок встановлення спеціальних фільтрів очищення

ВИСНОВКИ

Таким чином можна сказати, що розпочаті наприкінці 19 століття методи рентгенодіагностики отримали значний розвиток в 20 столітті і є досить актуальними на сьогоднішній день. Подальший їх розвиток пов'язаний із вдосконаленням як апаратною реалізацією рентгенівських систем, так і цифровою обробкою рентгенівських знімків.

1. Новий етап розвитку рентгенівських систем відбувся на початку 21 століття і пов'язаний з переходом від рентгенівської плівки до цифрового приймача рентгенівських зображень

2. Одним з найбільш широко розповсюджених видів дослідження пацієнтів є обстеження органів грудної клітини. Такі обстеження складають більше половини всіх рентгенівських обстежень населення.

3. Особливу актуальність набувають обстеження ОГК в умовах боротьби з коронавірусом COVID-19. КТ дослідження, з вірогідність в 99%, дають змогу виявити COVID-19 на ранніх стадіях, але через велику собівартість кожного обстеження, і неможливість виконувати дослідження більш ніж 8 людям за одну зміну, КТ не може розглядатися як ефективний засіб для скринінгу населення.

4. Замінити КТ дослідження можливо за рахунок нової технології томосинтез, яка дає змогу виявити патологію в легенях з вірогідність в 90%. Апарати з томосинтезом не потребують таких вимог до приміщень як КТ, і в своїй більшості реалізовані на базі комплексів на два робочих місця. Дощове навантаження на пацієнта за одне обстеження в 5-10 разів менше ніж в КТ, а час на одне обстеження не перевищує 20хв на одного пацієнта, з урахуванням дезінфекції апарата після кожного виконаного дослідження. Але, на сьогодні день, на території України встановлено не більше 20 апаратів з томосинтезом, що унеможлиблює швидко розгорнути систему скринінгу на апаратах з томосинтезом. Єдиним виходом лишається - покращення якості рентгенографічних досліджень, адже на сьогоднішній день, саме за рахунок рентгенографічних апаратів і флюорографії на території України, дуже добре відлагоджена система скринінгу населення. Але ефективність виявлення патологій під час рентгенографії, не перевищує 40%.

5. Для медичних рентгенівських систем особливе значення має використання принципу ALARA, яке зокрема пропонує максимальне використання рентгенівського потоку, що пройшов через пацієнта. Це обумовлює порівняння різних типів рентгенівських приймачів по квантовій ефективності виявлення і розподільній здатності. Вибір приймача для апарата, що виконує обстеження ОГК, має передбачати реалізацію як методів рентгенографії так і томосинтезу.

6. Реалізація томосинтезу передбачає використання приймачів з полем 43x60 см. Такого розміру випускаються лише приймачів за технологією багатокамерності. Окрім того, вони мають необхідну квантову ефективність виявлення і високу розподільну здатність (більше 4 пар ліній/мм), що відповідає вимогам для огляду ОГК.

7. Методика, обґрунтована в цій роботі, дозволяє оцінити ефективність програмного забезпечення постобробки. За допомогою представленої методики можна отримати кількісні оцінки ефективності пост постобробки. Такі оцінки базуються на підборі найважливіших ділянок грудної клітки відповідно до діагностичної точки зору.

Запропоновано використовувати наступні ділянки: контраст поперекового відділу хребта на тлі шлунку; контраст газового міхура в шлунку; контраст будови легенів у пазухах; легеневі структури, що контрастують в області коренів легенів.

В проведених досліджах знайдено, що залежно від програмного забезпечення контраст оброблених зображень може бути збільшений у 15-45 разів відносно початкового, оригінального, зображення. Збільшення контрасту дозволяє поліпшити візуальне розпізнання патологій на рентгенівських знімках грудної клітки лікарем рентгенологом .

. Використання вимірювань контрастності та відхилень контрастності дало аналогічні результати та підтвердило відповідність як кількісних вимірювань, так і візуального сприйняття. Ця методика може бути використана з подібними оцінками в майбутньому, як для порівняння окремого програмного забезпечення, чи різних типів цифрових приймачів, так і рентгенівських комплексів в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. AuntMinnie.com “Low-dose CT works just as well as standard to diagnose appendicitis@”
2. О.С. Мірошніченко, С.І. Мірошніченко, А.Н. Невгасимий, Ю.В. Хобта, В.В.Єфімова. «Перевірка відповідності зображень органів грудної клітини цифрового рентгенівського томосинтезу Європейським вимогам до зображень комп'ютерної томографії»
3. Променева діагностика: [В 3 т.]/ Коваль Г.Ю., Мечев Д.С., Мірошніченко С.І. та ін./ За ред. Г.Ю. Коваль. — К.: Медицина України, 2017. — Т.І. — 647 с.: іл. ISBN 978-966-8796-13-5 ст 3, ст. 12-13
4. Чудо-промені видатного українця. Іван Пулюй [Електронний ресурс] // УКРІНФОРМ – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-culture/2867756-cudopromeni-vid-atnogo-ukrainca-ivan-puluj.html>
5. Рентгеновский - X-ray [Електронний ресурс] // WIKI - Режим доступу до ресурсу: https://ru.qwe.wiki/wiki/X-ray#Medical_uses
6. Вікіпедія [Електронний ресурс] // Wikipedia - Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F#%D0%9C%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BD%D0%B0>
7. Рентгеновское исследование: радиация во спасение [Електронний ресурс] // - Режим доступу до ресурсу: <https://www.kp.ru/guide/rentgenovskii-snimok.html>
8. Москаленко В.Ф., Фещенко Ю.І. Актуальні проблеми туберкульозу в Україні за 10 років // Укр. пульмон. журн. - 2001. - № 1. - С. 5 – 8
9. «Технології XXI сторіччя в рентгенодіагностиці: технічні рішення та їх клінічне Застосування» [Збірник статей] // С.І. Мірошніченко,
10. А.А. Невгасимий, «Від цифрової рентгенографії до малодозового томосинтезу і конусно-променевої томографії» Київ С. 104
11. CT ProvidesBestDiagnosisfor COVID-19 // RadiologicalSociety of NorthAmerica (RSNA) 28.02.2020
12. Медичні процедури, які використовують іонізуюче випромінювання [Електронний ресурс] // Сайт з ядерної безпеки, радіаційного захисту та нерозповсюдження зброї - Режим доступу до ресурсу: <https://www.uatom.org/ru/informatsiya-dlya-medpersonala>
13. ContextVision [Електронний ресурс] // - Режим доступу до ресурсу: <https://www.contextvision.com/technology/gop-technology/>

14. В.А. Баранов, У. Еверт, Е.С. Учайкіна. “Методи вирішення реконструктивних завдань радіоніологічного контролю на основі“ нелінійного томосинтезу ”. Сибірський вісник науки. об. 1, 2012
15. І.Є. Тюрін. «Нові горизонти грудної рентгенології». Променева діагностика. об. 2, арк. 12-17, 2013/2014.
16. М.М. Нікітін. «Можливості цифрового томосинтезу в діагностиці різних форм туберкульозу легень». REJR. об. 6,. С. 35-47, 2016.
17. .А. Нечаєв, А.Ю. Васильєв. “Можливості томосинтезу в діагностиці захворювань та органів грудної клітки”. Клінічна медицина. т.8, стор 59-65, 2016.
18. М.М. Нікітін. “Порівняльна оцінка ефективності хіміотерапії для хворих на туберкульоз легень під час рентгенографії та цифрового томосинтезу”. Туберкульоз та хвороби легень. об. 94, 2016.
19. A. Terzi, L. Bertolaccini, A. Viti, L. Comell, D. Ghirardo, R. Priotto, M. Grosso, «SOS Study Group. Виявлення раку легені при цифровому томосинтезі грудної клітки: вихідні результати спостережного дослідження SOS ”Journal of Thoracic Oncology. об. 8, арк. 685-692, червень 2013 року.
20. Ю.А. Цибульський. «Туберкульозний спондиліт - комплексна клінічна та променева діагностика». Медичний альянс. об. 1, С. 226-227, 2015.
21. А.Р. Бойко. "Томосинтез як новий метод рентгенологічної візуалізації". Технології XXI століття в рентгенодіагностиці: технічні рішення та їх клінічне застосування, т. 1, С. 69-73, 2018
22. С. І. Мірошніченко, Л.К. Урина «Томосинтез на рентгенодіагностичній системі». К. Системи: медицина України. 10, стор 42, 2019