

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
_____ Володимир ШУТКО

«___» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 153 «МІКРО- ТА НАНОСИСТЕМНА ТЕХНІКА»
ОПП«ФІЗИЧНА ТА БІОМЕДИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА»

Тема: «Мобільний рентгенівський апарат з цифровим приймачем»

Виконавець:

студент групи МН-305Б/стн _____ Фандєєв Руслан Миколайович

Керівник:

к.т.н. доцент _____ Мірошніченко О.С.

Нормоконтролер: _____ Сініцин Р.Б.

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
МОНІТОРИНГУ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ
153 «МІКРО- ТА НАНОСИСТЕМНА ТЕХНІКА», ОПП«ФІЗИЧНА ТА
БІОМЕДИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА»

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Володимир ШУТКО

«___»_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

_____ Фандєєв Руслан Миколайович _____

(П.І.Б., випускника)

1. Тема дипломної роботи: «Мобільний рентгенівський апарат з цифровим приймачем» затверджена наказом ректора від «23» березня 2023 р. № 387/ст.
2. Термін виконання роботи: з«23» березня 2023р. по«21» травня 2023р
3. Вихідні дані до роботи: дослідити роботу мобільного рентген апарату з цифровим приймачем.
4. Зміст пояснювальної записки: 1 Теоретичні основи розробки, 2 Технічні характеристики та схема рентген апарата, 3 Мобільні рентген апарати.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстрованого) матеріалу: рисунки, зображення рентген апаратів, схем пристрою.

6. Календарний план-графік

№ п/п	Завдання	Термін виконання етапів	Відмітка про виконання
1.	Затвердження теми бакалаврської роботи	23.03.2023р	
2.	Вивчення літератури	24.03.2023р.- 03.04.2023р.	
3.	Теоретичні основи розробки	04.04.2023р.- 09.04.2022р.	
4.	Вибір технічних засобів	10.04.2023р.- 22.04.2022р.	
5.	Апаратно-програмна реалізація	23.04.2023р.- 14.05.2023р.	
6.	Оформлення та усунення недоліків дипломної роботи	15.05.2023р.- 21.05.2023р.	

Дата видачі завдання: «23» березня 2023 р.

Керівник дипломної роботи _____ Мірошниченко О.С.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Фандєєв Р.М.
(підпис випусника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Мобільний рентгенівський апарат з цифровим приймачем» містить: 44 сторінки, 12 рисунків, 11 використаних джерел.

Актуальність теми полягає у дослідженні переваг мобільних рентген апаратів у порівнянні зі стаціонарними, та доцільності їх використання в специфічних умовах.

Мета роботи – дослідження переваг та недоліків мобільного рентгенівського апарату з цифровим приймачем

Об’єкт дослідження - мобільний рентгенівський апарат з цифровим приймачем

Предмет дослідження – технічні характеристики, ефективність випромінювання, якість отримуваних зображень, безпека використання, мобільність та багато інших аспектів.

Матеріали даної дипломної роботи можуть бути використані для проведення наукових досліджень, у навчальному процесі, а також з можливістю використання в практичній діяльності процесів

Ключові слова: РЕНТГЕН АПАРАТ, РЕНТГЕНОГРАФІЯ, ЦИВРОВИЙ ПРИЙМАЧ, ПЛОСКОПАНЕЛЬНИЙ ДЕТЕКТОР, МОБІЛЬНІСТЬ.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЕОМ – електронно обчислювальний модуль

АЦП - аналого-цифрового перетворювача

ФПЗЗ - фоточувствительного приладу з зарядовим зв'язком

ПС - пристрою синхронізації

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ	8
1.1. Постановка задачі	8
1.2. Історія відкриття рентгенівських променів	9
1.3. Біологічна дія випромінювання	12
1.4. Властивості рентгенівських променів	15
1.5. Формування рентгенівського зображення	16
1.6. Методи рентгенологічного дослідження . Error! Bookmark not defined.	21
1.7. Рентгенівські апарати	23
РОЗДІЛ 2. Технічні характеристики та схема рентген апарата	24
2.1. Цифровий мобільний рентген апарат GMM MAC32	24
2.2. Структурна схема рентген апарата	27
2.3. Принцип роботи рентген апарата	31
2.4. Контрольні параметри для перевірки технічного стану	34
РОЗДІЛ 3 Мобільні рентген апарати	37
3.1. Види мобільних рентген апаратів	42
3.2. Переваги цифрової рентгенографії	39
3.3. Переваги та недоліки мобільних рентген апаратів	41
ВИСНОВКИ	43
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44

ВСТУП

Рентген-апарат - це медичний пристрій, який використовується для отримання зображень внутрішніх структур організму за допомогою рентгенівського випромінювання. Він є важливим інструментом для діагностики та вивчення різних медичних станів. Ось кілька причин, чому рентген-апарат є необхідним в медицині:

Діагностика переломів і пошкоджень кісток:

Рентгенографія дозволяє виявити переломи кісток і оцінити їхню серйозність та тип. Це допомагає лікарям призначити відповідне лікування і реабілітацію пацієнтам з ушкодженнями кісток.

Виявлення захворювань органів: Рентгенографія може використовуватися для виявлення різних захворювань, таких як запалення легенів (пневмонія), рак легень, серцеві захворювання, рак кісток і т.д. Зображення, отримані за допомогою рентген-апарата, допомагають лікарям зробити точний діагноз та розробити план лікування.

Контроль за ходом лікування:

Рентгенографія може використовуватися для візуального спостереження за ефективністю лікування пацієнта. Наприклад, рентгенографія може показати, як змінюються розміри пухлини під час хіміотерапії або як змінюються контури кісток після операції.

Дослідження внутрішніх структур:

Рентгенографія дозволяє лікарям досліджувати внутрішні структури організму, такі як кістки, суглоби, легені, серце, шлунок.

РОЗДІЛ 1.ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ

1.1. Постановка задачі

Дізнатись більше про типи променевої діагностики.

Рентгенологічне дослідження - метод променевої діагностики, при якому для отримання діагностичних зображень використовують рентгенівські промені. Променева діагностика - це наука, що досліджує використання різних видів випромінювання для вивчення будови, функцій нормальних і патологічно змінених органів та систем людини з метою профілактики та діагностики захворювань.

Склад променевої діагностики:

1. рентгенодіагностика
2. інтервенційна радіологія
3. рентгенівська комп'ютерна томографія
4. магнітно-резонансна томографія
5. ультразвукова діагностика
6. радіонуклідна діагностика

Інтервенційна радіологія включає виконання лікувальних, діагностичних, малоінвазивних хірургічних втручань з застосуванням променевих діагностичних досліджень.

1.2. Історія відкриття рентгенівських променів

Найперші дослідження випромінювання, яке пізніше стало відоме, як рентгенівське випромінювання, датуються 1880 роком. Під час дослідження проходження електричного струму через розряджені газу, англійський фізик Вільям Крукс та його асистент Йоганн Гітторф помітили, що фотопластики, розташовані біля газорозрядних трубок, засвічуються або показують незрозумілі обриси і тіні. Однак вони не продовжили досліджувати це явище, оскільки не знайшли його причину.

У 1877 році український фізик Іван Пулюй, професор Празького технічного університету, також помітив подібне явище під час експериментів з газорозрядними трубками низького тиску власної конструкції. В 1896 році він зробив доповідь в Празькому політехнікумі та опублікував високоякісні рентгенівські знімки в різних наукових журналах Франції та Великобританії, включаючи знімки скелету жаби і дитячої руки. Пулюй був знайомий з Вільгельмом Рентгеном особисто, через спільну роботу в Страсбурзі з професором А. Кундтом, і він навіть переписувався з Рентгеном, але важко сприймав його славу.

У 1888 році німецький фізик Філіп фон Ленард також виявив X-промені, вивчаючи їх здатність проникати крізь різні матеріали. Він опублікував своє відкриття в 1893 році в американській газеті "The San Francisco Examiner" в статті під назвою "Фотографії, зроблені в темряві".

Історія рентген-апарата починається з відкриття рентгенівського випромінювання (X-променів) у 1895 році німецьким фізиком Вільгельмом Конрадом Рентгеном. Рентген випадково відкрив це випромінювання, коли досліджував взаємодію електронів з вакуумною трубкою.



Рис 1.1. Перший рентген апарат

Одним з перших використань рентген-випромінювання стало отримання зображень скелета людського тіла. У листопаді 1895 року Рентген зробив перше рентгенівське фото, на якому було видно скелет руки його дружини. Це відкриття викликало великий резонанс у науковому світі та медичній галузі.

Перші рентген-апарати були примітивними і склалися з вакуумних трубок, які генерували рентгенівське випромінювання, та плати з фотоплівкою для отримання зображень. Вони мали обмежену потужність і можливості, але відіграли важливу роль у діагностиці різних медичних станів.

Протягом наступних десятиліть технологія рентген-апаратів постійно розвивалася. У 1913 році винайдено перший портативний рентген-апарат, що дозволило застосовувати його у військовій медицині та аварійних ситуаціях.

У 1930-х роках почали використовувати рентгенографію з контрастними речовинами, що дозволяло виділяти певні структури та органи на зображенні. Згодом з'явилися пристрої зі збільшеною потужністю та точністю зображення, а також рентген-апарати з флюороскопією, які дозволяли в реальному часі спостерігати за рухом органів.

Сучасні рентген-апарати використовують цифрову технологію, що дозволяє отримувати високоякісні зображення з меншою дозою випромінювання. Вони також можуть бути обладнані додатковими функціями, такими як комп'ютерна томографія, ангіографія та інтервенційна рентгенологія.

Розвиток рентген-апаратів відіграв важливу роль у розвитку медичної діагностики і допомагає лікарям отримувати важливі візуальні дані для діагностики та лікування різних захворювань.

1.3 Біологічна дія випромінювань.

Усі форми випромінювання, як неіонізуючі, так і іонізуючі, мають біологічну активність, оскільки вони можуть спричиняти зміни в живих організмах. Однак, енергія ультразвукових хвиль і електромагнітних коливань, які використовуються в діагностиці, значно нижча, ніж енергія, що супроводжується механічними і хімічними реакціями тканин. До цього часу не було зареєстровано шкідливого впливу ультразвуку, стабільного магнітного поля та високочастотних радіохвиль на біологічний організм, включаючи людину, тому їх вважають практично безпечними. Однак, питання про їх біологічну активність продовжує вивчатися. Значна шкідлива дія іонізуючих випромінювань відома з кінця XIX століття, коли у 1895 році німецький фізик Вільгельм Конрад Рентген відкрив новий вид невидимого випромінювання, яке могло проникати в глибину тканин та клітин. У 1896 році Анрі Беккерель встановив, що уран випромінює подібні до Рентгеновських променів. Відсутність знань про шкідливі властивості іонізуючих випромінювань призвела до ураження десятків і сотень людей. Наприклад, у 1895 році асистент Рентгена Вільям Грубе отримав опік рук від радіації. Сам Беккерель також випробував сильний вплив радію, що спричинив почервоніння шкіри живота та появу виразок після того, як пробірку з радієм тримав у кишені свого жилета. У дії іонізуючих випромінювань на біологічний об'єкт виділяють кілька стадій:

1. Фізичний етап - це процес, під час якого випромінювання поглинається опроміненим середовищем і викликає збудження та іонізацію молекул: (білки, вуглеводи, жири, нуклеїнові кислоти, вода, різні низькомолекулярні органічні та неорганічні сполуки).

2. Фізико-хімічний етап - це етап, на якому поглинена енергія мігрує через макромолекулярні структури і розподіляється між збудженими та іонізованими молекулами. Це призводить до розриву хімічних зв'язків там, де

вони менш міцні, і утворення нових іонів, сольватованих електронів та вільних радикалів у мікрооточенні.

3. Під час хімічної стадії взаємодіють іони, що утворилися, та вільні радикали, які взаємодіють між собою та з оточуючими молекулами. Це призводить до утворення нових продуктів, таких як супероксидний аніон, гідропероксид, пероксид водню, атомарний та синглетний кисень, які є потужними окислювачами органічних речовин біосубстрату. Вплив продуктів радіолізу води на різні біологічні молекули, такі як амінокислоти, білки, вуглеводи, нуклеотиди та фосфоліпіди, призводить до утворення органічних вільних радикалів. Основні пошкодження виникають в молекулах ДНК, білків і фосфоліпідів і мають значення для подальшої долі опроміненої клітини. Під впливом іонізуючого випромінювання у білкових макромолекулах порушується їхній первинний структуру, включаючи розрив дисульфідних містків, водневих зв'язків та пептидного ланцюга, а також утворення зшивок між пептидними ланцюгами, окислення сульфгідрильних груп і ароматичних амінокислот. Ці процеси призводять до зміни вторинної та третинної структури білків, що впливає на їхні біологічні властивості, включаючи ферментативну, гормональну та рецепторну активність. Також змінюється хімічний склад фосфоліпідів мембран, їхня в'язкість, проникність та інші фізико-хімічні характеристики, що веде до порушення життєво важливих функцій клітини, таких як бар'єрна, рецепторно-сигнальна, регуляторна, транспортна тощо. Ураження мембран мітохондрій, мікросом, лізосом та ендоплазматичного ретикулуму призводить до порушення структури та функції цих утворень та клітин в цілому. Пошкодження мембран лізосом і виходу за їх межі протеаз сприяють активації процесів протеолізу в ранні терміни після опромінення. Крім того, спостерігається ушкодження ядерної ДНК, такі як одниткові розриви, пошкодження основ, двониткові або подвійні розриви, порушення вторинної структури та надмолекулярної організації, що впливають на структуру та функції клітини.

Це призводить до гальмування росту та поділу клітин, дистрофічних змін і навіть загибелі.

4. Біологічний етап - етап, на якому виникають пошкодження на рівнях клітин, тканин, органів і організму, а також віддалені наслідки випромінювання. Зміни в хромосомному апараті клітин впливають на їх спадкові властивості і можуть спричинити радіаційну мутацію. У соматичних клітинах ці зміни можуть призвести до появи клітин з новими характеристиками, що можуть бути джерелом пухлинних захворювань. Мутації в статевих клітинах можуть спадати на наступні покоління, що призводить до збільшення спадкових захворювань.

Однак, вплив іонізуючого випромінювання на різні біологічні об'єкти є нерівномірним. Кожен вид клітин і тканин має свою власну радіочутливість або радіорезистентність - міру чутливості або стійкості до іонізуючого випромінювання. Радіочутливість тканин прямо пропорційна їх проліфераційній активності і зворотно пропорційна ступеню диференціації їх клітин (застосовується правило Бергоньє-Трибондо). Найбільш радіочутливими в організмі є тканини, які містять малодиференційовані і активно розмножуються клітини.

Тканини організму можна розташувати за ступенем радіочутливості наступним чином, від найбільш радіочутливих до найбільш радіорезистентних:

- Мієлоїдна тканина, лімфоїдна тканина;
- Епітелій: гермінативний, кишковий і покривний;
- М'язова тканина, нервова тканина, хрящова тканина та кісткова тканина.

Радіочутливість клітини, тканини та органу також залежить від виду випромінювання, що на них впливає, стадії мітотичного циклу клітини, ступеня оксигенації, функціонального стану (зазвичай посилюється при підвищенні функцій), а також від зовнішніх факторів, таких як температура, вміст кисню та води.

Отже, будь-яке застосування іонізуючих випромінювань у медичних цілях вимагає обов'язкового обґрунтування, дотримання правил радіаційної безпеки, протипроменевого захисту пацієнтів та медичного персоналу [8].

1.4 Властивості рентгенівських променів

Рентгенівські промені мають такі властивості:

- зумовлюють світіння деяких хімічних з'єднань;
- розкладають галоїдні з'єднання срібла;
- проникають крізь непрозорі тіла;
- утворюють іони;
- змінюють електропровідність напівпровідникових пластин.

Ці характеристики широко використовуються для отримання медичних зображень. Рентгеновські промені виникають у рентгеновській трубці, яка є скляним балоном з високим рівнем вакууму всередині. У порожнині трубки розташовані два електрода: катод і анод. На катоді утворюються електрони, які прискорюються у просторі між катодом і анодом. Прискорені електрони затримуються на аноді, що спричиняє виникнення рентгенівських променів.

Рентгеновська трубка є складовою частиною апарату, який включає штатив, на якому розташована рентгеновська трубка, місце для розміщення пацієнта, трансформатор, що постачає високий та низький струм в апарат, пульт керування та екранно-зйомний пристрій.

Рентгенологічний метод дослідження - це спосіб вивчення будови та функції різних органів, який базується на кількісному та якісному аналізі пучка рентгенівських променів, які проникають через тіло людини.

1.5 Формування рентгенівського зображення

Принципова схема одержання зображення складається з:

- генерації променів в рентгенівській трубці;
- спрямування променів на хворого;
 - одержання невидимого рентгенівського зображення після різного поглинання та розсіювання променів при проходженні крізь об'єкт;
- одержання видимого зображення.

Отримання рентгенівського зображення органу ґрунтується на ефекті неоднорідного поглинання випромінювання тканинами. Під час проходження променів рентгенівського випромінювання через тканини різної щільності відбувається послаблення пучка променів.

Послаблені промені рентгенівського випромінювання потім потрапляють на сприймаючу систему, яка може бути представлена флуоресцентним екраном або рентгенівською плівкою. На цій системі формується зображення, оскільки поглинуті промені рентгенівського випромінювання збуджують матеріал екрану або плівки, що призводить до випромінювання видимої світлової або радіолюмінесцентної емісії. Ця емісія потім реєструється, утворюючи зображення органу на флуоресцентному екрані або рентгенівській плівці. За допомогою будь-яких методів медичної візуалізації отримують діагностичні променеві зображення:

Аналогові:

- Сцинтиграми
- Рентгенограми
- Термограми

Цифрові:

- Одержані за допомогою цифрових приймачів

Аналогові зображення несуть інформацію безперервного характеру (Рис.1.2-1.3). Аналогові рентгенівські зображення отримують за допомогою методів класичної рентгенодіагностики (рентгенографії, рентгеноскопії,

флюорографії) на флуоресціюючих екранах або на спеціальній рентгенографічній плівці – рентгенограмі [8].



Рис.1.2. Аналогова рентгенограма – екскреторна урограма (фото рентгенівської плівки на негатоскопі).



Рис.1.3. Аналогова сонограма печінки (фото сонограми, зробленої на термопапірі).

Цифрове зображення отримують за допомогою цифрових приймачів. Ці зображення одержані при комп'ютерній та магнітно-резонансній томографії, ультразвуковому скануванні, цифровій рентгенографії (рис.1.4,1.5,1.6). До них відносяться дигітальна рентгенографія та рентгеноскопія, флюорографія та відеозапис за допомогою електронно-оптичного перетворювача.



Рис1.4. Цифрова сонограма печінки



Рис.1.5. Цифрова комп'ютерна томограма (метастази в печінці).



Рис.1.6. Цифрова ангиограма ниркових артерій.

При проходженні крізь тіло людини пучок рентгенівських фотонів послаблюється через поглинання їх тканинами. Найсильніше фотони поглинаються в кістковій тканині при однаковій товщині тканинного шару, меншою мірою - в паренхіматозних органах, м'язах та інших середовищах організму. Рентгенівські промені слабше поглинаються в жировій клітковині

і майже не поглинаються в газах легень, шлунка та кишечника. Чим сильніше поглинаються рентгенівські промені в тканині, що досліджується, тим більш інтенсивна тінь утворюється на рентгенівському флюоресцентному екрані під час рентгеноскопії, і тим менше світиться екран. Зображення кісток та серця на флюоресцентному екрані з'являються у вигляді чорного кольору, а легені - білого. Це зображення називається прямим або позитивним.

1.6 Методи рентгенологічного дослідження

Загальні:

- Рентгеноскопія
- Рентгенографія
- Лінійна томографія
- Флюорографія

Спеціальні:

- Ортопантомографія
- Мамографія
- Методики із застосуванням штучного контрастування

Рентгенографія є методом променевого рентгенологічного дослідження, який включає отримання статичних аналогових діагностичних зображень на рентгеновських плівках – рентгенограмах (рис1.7.)



Рис.1.7. Рентгенівський діагностичний апарат.

Під час рентгенографії рентгенівські промені, проникаючи через тіло пацієнта, нерівномірно послаблюються і освітлюють рентгенографічну плівку, що призводить до формування діагностичного зображення. Рентгеновська плівка з обох боків покрита спеціальною емульсією, яка є чутливою до фотонів широкого спектра електромагнітного випромінювання (рентгеновського, ультрафіолетового, видимого). Для уникнення засвічування рентгеновської плівки, вона розміщується у спеціальних касетах. У цих касетах плівка знаходиться між двома флуоресцентними "підсилюючими" екранами, які, під дією рентгеновських променів, починають випромінювати світло видимого спектру, що призводить до збільшеного освітлення плівки. Використання флуоресцентних екранів при рентгенографії значно знижує інтенсивність опромінення пацієнтів у порівнянні з безпосереднім впливом рентгеновського випромінювання, що дозволяє у значній мірі уникнути негативних біологічних ефектів.

Рентгеновські промені поширюються прямолінійно, тому рентгеновське зображення завжди точно відтворює форму досліджуваного органу. Спочатку однорідний пучок рентгенівського випромінювання, проникаючи через тіло пацієнта, стає нерівномірним, і ця нерівномірність фіксується на плівці [8].

1.7 Рентгенівські апарати

Поділяються на:

1. Пересувні апарати - палатні та операційні;
2. Універсальні, за допомогою яких можна проводити рентгеноскопію, рентгенографію та лінійну томографію у різних положеннях хворого;
3. Апарати спеціального призначення, що використовуються у неврології, стоматології, мамології, урології та ангіології;
4. Масових перевіряючих досліджень – флюорографії;
5. Для обстеження дітей [9].

РОЗДІЛ 2. Технічні характеристики та схема рентген апарата

2.1 Цифровий мобільний рентген апарат GMM MAC32



Рис.2.1. Зображення рентген апарату GMM MAC32

Характеристики:

- 1.Довжина в транспортному положенні: 109.5 см;
- 2.Висота в транспортному положенні: 149.0 см;
- 3.Мінімальна відстань: джерело-пол 38.8 см;
- 4.Максимальна відстань: джерело-пол 206.4 см;
- 5.Максимальна дальність: 167.6 см;
- 6.Довжина руки: 103.5 см;
- 7.Поворотні передні колеса: $\text{Ø } 7.5 \text{ } 360^\circ$;
- 8.Діаметр задніх коліс: $\text{Ø } 25 \text{ см}$;
- 9.Вага: Аналогова версія 320 мАс 175,5 кг;
- 10.Переміщення: вручну.
- 11.Потужність 32 кВт

Цифровий палатний (мобільний) рентгенівський апарат GMM MAC32 має такі параметри:

- Високий ступінь мобільності;
- Широкий діапазон позиціонування;
- Мікропроцесорне управління;
- Анатомічні програми;
- Високочастотний генератор;
- Двофокусні рентгенівська трубка;
- Звертаємо або стаціонарний анод;
- Вироблено GENERAL MEDICAL MERATE (GMM), Італія.

Мобільні рентгенівські апарати MAC ідеально поєднують в собі надійність, універсальність і простоту управління, забезпечуючи виконання точних і безпечних рентгенографічних досліджень в різних місцях і ситуаціях: в операційних, палатах інтенсивної терапії, травматології, ортопедії, відділеннях швидкої допомоги.

Компактність рентгенівського апарату, невелика вага і великі колеса забезпечують легкість пересування і подолання таких перешкод, як наприклад, пороги або невеликі ступеня.

Блокування переміщення, яке активується за допомогою відповідної педалі, забезпечує безпечну установку рентгенівського апарату і стабільність під час процедури.

Широкий діапазон позиціонування плеча-штатива і обертання випромінювача дозволяють швидко і ефективно виконати дослідження навіть в приміщеннях з обмеженим вільним простором. Латеральний поворот плеча на +/- 90 ° дає можливість розташувати рентгенівський апарат між ліжками у лікарняній палаті.

Графічний сенсорний дисплей для вибору і відображення робочих параметрів експозиції і анатомічних програм. Високочастотний інверторний рентгенівський генератор забезпечує зниження променевого навантаження на пацієнта. Коліматор оснащений паралельними і перпендикулярними

шторками, світловим centruючим пристроєм з таймером, а також мірною стрічкою для вимірювання фокусної відстані, яка висувається [10].



Рис.2.2. Цифровий бездротовий плоскопанельний детектор

1. Встановлене програмне забезпечення для обробки і поліпшення якості зображень;
2. Повна DICOM сумісність;
3. Розмір 35x43 см;
4. Розмір пікселя 140 мкм;
5. Розмір матриці 2560x3072;
6. Роздільна здатність 3.5 lp / mm;
7. Вага 3,3 кг.

2.2 Структурна схема рентген апарта

Структурна схема рентген-апарта показана на рис.2.3. До складу приладу входять наступні функціональні блоки:

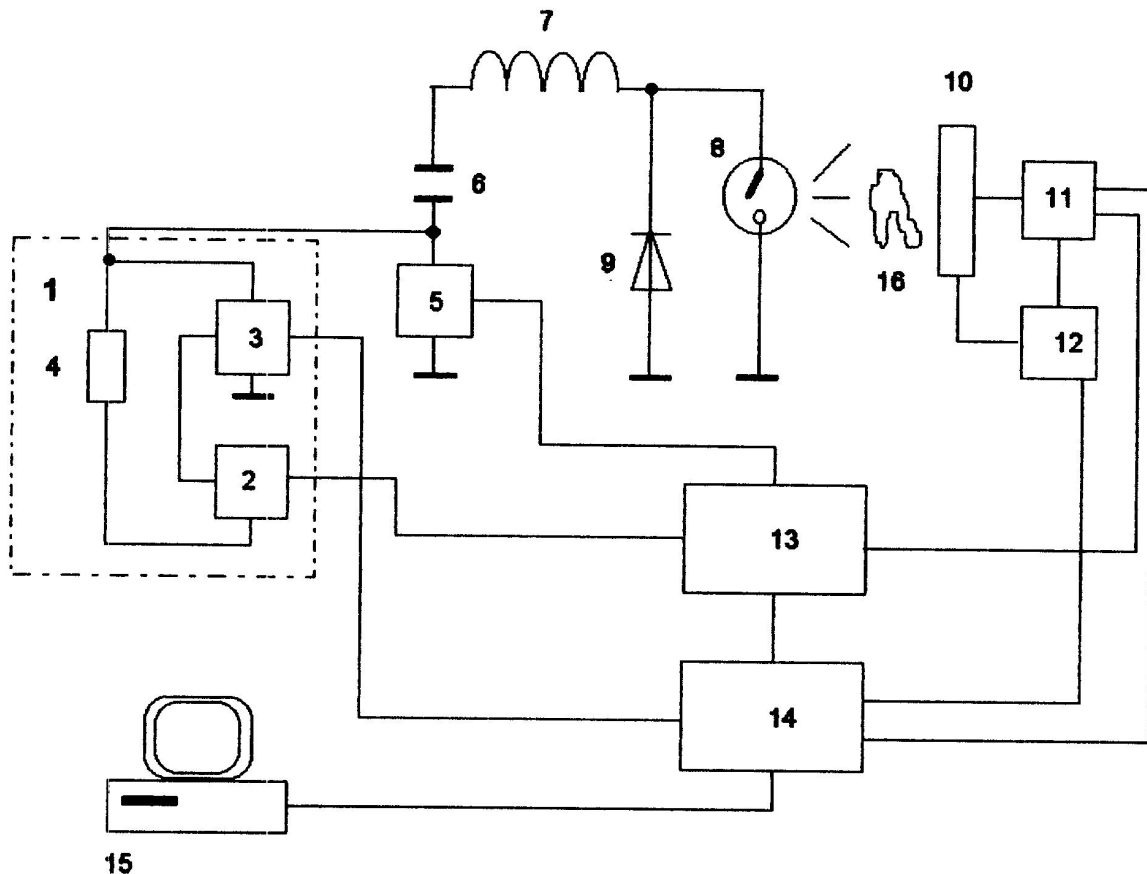


Рис.2.3. Структурна схема рентген-апарта.

1. високовольтний блок;
2. джерело високої напруги;
3. високовольтний датчик;
4. струмообмежувальні резистори;
5. швидкодіючий керований комутатор;
6. накопичувальний конденсатор;
7. дросель;
8. випромінювач;
9. високовольтні діоди;
10. позиційно-чутливий детектор;

11. пристрій синхронізації;
12. аналого-цифровий перетворювач;
13. блок управління;
14. інтерфейс;
15. обчислювальна машина;
16. об'єкт.

Спосіб рентген діагностики включає опромінення рентгенівськими променями досліджуваного об'єкта імпульсами наносекундної тривалості, реєстрацію минулого випромінювання на приймачі електронно-оптичного перетворювача і запис його на носії інформації, що відрізняється тим, що опромінення здійснюють протягом 20-50 нс при потужності експозиційної дози в площині приймача (1 -5) 105 Р/с. Для його здійснення використовується імпульсний рентгенівський діагностичний апарат, який містить високовольтний блок, накопичувальний конденсатор, дросель, швидкодіючий комутуючі пристрій, рентгенівську трубку, пов'язану анодом з високовольтним блоком, блок обробки зображення з позиційно-чутливим елементом, з'єднаний з ЕОМ, і блок управління, при цьому між першим виходом високовольтного блоку і анодом рентгенівської трубки додатково встановлені послідовно з'єднані накопичувальний конденсатор і дросель, швидкодіючий комутуючі пристрій приєднано входом до першого виходу високовольтного блоку, а виходом - до першого входу блоку управління, який другим входом з'єднаний з високовольтним блоком, третіми - з блоком обробки зображення, а четвертими - з ЕОМ, при цьому до анода підключений заземлений напівпровідниковий розмикач, виконаний на основі високовольтних діодів з робочою частотою понад 20 кГц. Індуктивність дроселя обрана в межах 6-21 мГн, а ємність накопичувального конденсатора 900-2000 пФ. Крім того, позиційно-чутливий детектор може бути виконаний на основі матричної фоточутливої системи, а високовольтний блок містить струмообмежуючі резистор і високовольтний датчик, з'єднані з джерелом високої напруги.

Дослідження показують, що навіть при впливі низьких доз радіоактивного випромінювання можуть відбуватися цитологічні зміни в клітинах організму людини. Тому безпека пацієнта та захист життєво важливих органів і тканин є основними пріоритетами під час проведення рентгенологічних досліджень.

Сучасні діагностичні рентгеновські апарати використовують методи діагностики, що базуються на випромінюванні короточасних інтенсивних спалахів рентгенівського випромінювання. Це досягається за допомогою імпульсу високої напруги, який подається до рентгеновської трубки в момент розряду конденсатора. Такі апарати зазвичай використовують трубки з холодним катодом, що працюють у режимі автоелектронної емісії або плазмового розряду.

Зарядка накопичувального конденсатора відбувається від мережі змінного струму або від портативних джерел струму за допомогою перетворювача, а зарядний трансформатор підвищує напругу. Під час замикання високовольтного вимикача, електрична енергія, яка накопичена в конденсаторі, подається до рентгеновської трубки. Використання наносекундних імпульсів високої напруги для живлення рентгеновської трубки дозволяє зменшити ізоляційні проміжки у високовольтному блоку і розміри самої трубки, що впливає на габарити і масу апарату. Таке використання імпульсів сприяє збільшенню компактності та портативності рентгеновських апаратів.

Враховуючи це, рентгенологічні дослідження повинні проводитися з дотриманням заходів безпеки та мінімізації дози випромінювання, щоб забезпечити безпеку пацієнтів та мінімізувати можливі цитологічні зміни в клітинах організму. Однак результати рентгенографічного дослідження також можуть бути незадовільними, оскільки дослідження триває 0,3-5,0 с і картинка, яку зафіксує фотоматеріал, може не дати необхідної інформації. Ця обставина в значній мірі пов'язана з тим, що використовуються в такому разі влаштування генерують рентгенівське випромінювання з великою

нестабільністю інтенсивності, що веде до спотворення інформації. Крім того, як правило, електрична схема рентгенівського апарату заснована на використанні високовольтного імпульсного трансформатора і розрядника, робота яких не забезпечує необхідної стабільності випромінювання.

Накопичувальна ємність імпульсного рентгенівського апарата підключена паралельно блоку живлення і пов'язана з імпульсним високовольтним трансформатором через комутатор. Високовольтна обмотка трансформатора підключена до ударної ємності. Присутній блок діагностики високовольтних електричних ланцюгів, який підвищує надійність апарату, але не вирішує недоліки, які були згадані раніше.

Одним із основних недоліків, які можуть призводити до спотворення інформації під час рентгенодіагностичних досліджень, є генерація нестабільних за інтенсивністю рентгенівських імпульсів. Це може пояснюватись наявністю в схемі електронного комутатора або розрядника, робота яких може бути нестабільною. Ці недоліки можуть призводити до спотворення отриманого зображення інформації.

Для досягнення більш стабільної генерації рентгенівських імпульсів і зменшення спотворень зображення, можуть бути застосовані додаткові технології, такі як автоматична стабілізація високовольтного блоку, контроль і регулювання параметрів комутатора, а також використання високоякісних компонентів і матеріалів у конструкції апарату.

Виробники постійно працюють над удосконаленням технологій імпульсного рентгенівського діагностику для забезпечення більш точних і надійних результатів досліджень [11].

2.3 Принцип роботи рентген апарата

За командою керуючої програми через інтерфейс 14 на блок управління 13 надходить сигнал дозволу. За цим сигналом блок управління 13 запускає первинне джерело високої напруги 2, який через струмообмежуючі резистор 4 починає заряджати конденсатор 6, напруга на якому контролюється високовольтним датчиком 3. Після досягнення заданого значення напруги датчик 3 через інтерфейс 14 видає сигнал готовності в керуючу програму, а також переводить первинне джерело високої напруги 2 в режим стабілізації напруги. Після отримання сигналу готовності первинного джерела високої напруги 2 керуюча програма через інтерфейс 14 розріджує циклічну роботу пристрою синхронізації (ПС) матричного фоточувствительного приладу з зарядовим зв'язком (ФПЗЗ) 11, яке посилає в блок управління 13 сигнали, відповідні тимчасових інтервалах синхросигналов ФПЗЗ. За сигналом готовності первинного джерела високої напруги 2 керуюча програма через інтерфейс 14 дозволяє роботу аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 12. Цифровий код, відповідний аналоговому вихідному сигналу ФПЗЗ, через інтерфейс 14 надходить в керуючу програму. Після виконання описаних вище дій апарат готовий до рентгенографічного дослідження.

Отримавши від оператора ПЕОМ команду на проведення дослідження, керуюча програма через інтерфейс 14 видає на блок управління 13 команду запуску і переводить ПЕОМ 15 в режим запису цифрового коду в запам'ятовуючий (ЗУ) пристрій ПЕОМ 15. Отримавши команду запуску, блок управління 13 синхронно з найближчим синхросигналом ФПЗЗ, відповідним зупинці вихідного регістра ФПЗЗ, формує імпульс управління швидкодіючим комутатором 5, який замикає ланцюг коливального контуру, викликаючи розряд конденсатора 6 через дросель 7 та напівпровідниковий розмикач 9. У момент, відповідний максимуму струму, напівпровідниковий розмикач 9 розриває ланцюг. При цьому за рахунок самоіндукції дроселя 7 формується високовольтний імпульс напруги з амплітудою 65 кВ і тривалістю близько 60

нс, який викликає в імпульсній рентгенівській трубці генерацію рентгенівського випромінювання тривалістю близько 40 нс і потужністю близько 10 Р / с на зрізі рентгенівської трубки 8 і дозою в площині ФПЗС менше 10 мР. Рентгенівське випромінювання, пройшовши через досліджуваний об'єкт 16 і ослаблюючись відповідно структурі об'єкта 16, потрапляє на ФПЗЗ. Зображення об'єкта 16, сформований на ФПЗЗ, перетворюється в аналоговий електричний сигнал, амплітуда якого пропорційна інтенсивності рентгенівського випромінювання. Цифровий код, відповідний аналоговому сигналу ФПЗЗ, з виходу АЦП 12 через інтерфейс 14 надходить в керуючу програму і його записує ЗУ ПЕОМ 15. Після закінчення зчитування зображення керуюча програма скасовує режим запису цифрового коду в ЗП ПЕОМ 15, видає повідомлення оператору про успішне завершення етапу дослідження, переносить отриману цифрову інформацію на ЗП на зовнішніх носіях, що входять до складу ПЕОМ 15, і по команді оператора ПЕОМ або проводять підготовку до наступного дослідження, або на екрані дисплея відображається рентгенограма, або вона виводиться на принтер.

Так, перехід від традиційних рентгенівських плівок до цифрових зображень дійсно відкриває широкі можливості для безпаперової технології рентгенографії. За допомогою цифрових зображень, які зберігаються у електронному форматі, результати досліджень можуть бути включені в інформаційні бази даних і обмінюватися у межах інформаційних мереж.

Це має численні переваги, зокрема:

1. Зручність зберігання: Цифрові зображення можуть бути збережені на комп'ютерному сервері або в електронному сховищі, що дозволяє легко знайти і отримати доступ до них у будь-який час. Вони займають менше простору порівняно з традиційними рентгенівськими плівками і не потребують фізичного зберігання.

2. Швидкий доступ: Цифрові зображення можуть бути миттєво переглянуті на моніторі, що дозволяє лікарям швидко отримати результати

дослідження і прийняти необхідні рішення. Немає потреби у витраті часу на процес розробки плівок.

3. Обробка та аналіз: Цифрові зображення можуть бути покращені, збільшені, висвітлені або фільтровані за допомогою спеціального програмного забезпечення. Це дозволяє лікарям отримати більше інформації з досліджень і зробити більш точний діагноз.

4. Можливість обміну: Цифрові зображення можуть бути легко передані і обмінювані між лікарями, медичними закладами або інформаційними системами. Це спрощує консультації та співпрацю між фахівцями на відстані.

Загалом, використання цифрових зображень у рентгенодіагностиці відкриває нові можливості для поліпшення якості діагностики, зберігання і обміну медичною інформацією [11].

2.4 Контрольні параметри для перевірки технічного стану

Так, порядок проведення контролю технічного стану рентгенівського обладнання визначається комбінацією інструкції з експлуатації виробника і державних нормативних документів. Інструкції з експлуатації надає виробник, коонкретні вказівки щодо періодичності та процедур проведення контролю, а також вимоги до технічного стану обладнання. Як правило, вони визначають перелік параметрів, які необхідно контролювати, та періодичність перевірок. У Швеції – регулюючі акти державного управління радіаційної безпеки. При розробці та використанні рентгеновського обладнання враховуються вимоги міжнародних документів та організацій, таких як Міжнародна агенція атомної енергії, Міжнародна комісія з радіаційного захисту, Міжнародна електротехнічна комісія, Європейська комісія з радіаційного захисту та інші. Ці організації розробляють міжнародні стандарти і рекомендації, які визначають вимоги до безпеки, контролю технічного стану та експлуатації рентгеновського обладнання.

Україна, як і інші країни, може приймати ці міжнародні стандарти і рекомендації у свою національну нормативну базу з контролю технічного стану рентгеновського обладнання. Відсутність розробленої нормативної бази в Україні може призводити до ситуації, коли спеціалісти змушені керуватися експлуатаційною документацією на апаратуру або застарілими стандартами. Однак, для забезпечення безпеки та дотримання міжнародних стандартів, важливо, щоб Україна розробила власну національну нормативну базу, яка враховуватиме сучасні вимоги та технології у сфері рентгенологічних досліджень.

Нормативні документи визначають 3 основних види контролю технічного стану обладнання:

1. Контроль обладнання при введенні його в експлуатацію;
2. Періодичний контроль;
3. Поточний контроль;

Контроль технічного стану рентгенівського обладнання є важливим для оцінки його початкового стану і подальшого забезпечення його надійності та сталості при проведенні періодичного та поточного контролю.

Для забезпечення оптимального контролю технічного стану цифрового рентгенівського обладнання можна використовувати наступні підходи:

1. Параметричний контроль: Перевірка різних параметрів обладнання, які безпосередньо впливають на якість отриманих зображень і дозу опромінення пацієнтів. Це може включати перевірку роздільної здатності, контрастності, лінійності, шумів, дози опромінення тощо. Важливо мати методики перевірки, що відповідають вимогам виробника і нормативних документів.

2. Візуальний контроль: Оцінка якості діагностичних зображень, що отримуються з рентгенівського обладнання. Фахівець визначає чіткість, деталізацію, контрастність та інші характеристики зображень шляхом їх візуального аналізу.

3. Метрологічний контроль: Вимірювання параметрів обладнання за допомогою вимірювальних приладів, таких як дозиметри, коліматори, детектори розмірів тощо. Це дозволяє об'єктивно оцінити відповідність параметрів обладнання вимогам.

4. Перевірка відповідності нормативним документам: Перевірка відповідності рентгенівського обладнання вимогам, встановленим державними нормативними документами і регуляторними органами.

Для забезпечення ефективного контролю технічного стану рентгенівського обладнання рекомендується поєднання цих підходів та використання методів, що відповідають специфіці обладнання та вимогам виробника та нормативних документів. Регулярний контроль допомагає забезпечити якість діагностичних зображень і безпеку пацієнтів.. У німецькому стандарті з контролю цифрових рентгенографічних систем передбачено перевірку таких параметрів:

1. Збіг світового і рентгенівських полів;
2. Розрізнення;

3. Контраст;
4. Наявність артефактів;
5. Вхідна доза;
6. Оптична густина;
7. Яскравість;

Якість зображень на цифровому рентгенівському обладнанні можна перевірити за допомогою спеціального фантома, який дозволяє одночасно перевірити чотири параметри якості зображення. Для перевірки вхідної дози потрібно використовувати клінічний дозиметр або вимірювач добутку дози на площині. Останні два параметри, які визначають якість відтворення цифрового зображення на моніторі, також потребують спеціального приладу для контролю якості зображень на моніторах. Проте, оскільки монітор входить до загального ланцюга отримання цифрового зображення, ці параметри опосередковано контролюються при перевірці цифрової рентгенографічної системи.

Важливо зазначити, що контроль цих параметрів може бути надлишковим, оскільки вони вже контролюються опосередковано при перевірці цифрової рентгенографічної системи. Вихідними параметрами цифрового рентгенівського обладнання є якість діагностичного зображення і еквівалентна доза в площині цифрового приймача.

Якщо на етапі введення обладнання в експлуатацію встановити мінімальне значення вхідної дози і зафіксувати експозицію за допомогою дозиметра, то на подальших етапах поточного контролю апарату можна проводити при таких самих значеннях анодної напруги, струму трубки та часу експозиції. Зважаючи на те, що поточний контроль виконується щоденно, це дозволяє мінімізувати час використання несправного обладнання.

РОЗДІЛ 3 Мобільні рентген апарати

3.1. Види мобільних рентген апаратів

Є два основних види мобільних рентгендіагностичних апаратів: пересувні і мобільні:

1. Пересувні апарати: Ці апарати зазвичай використовуються в межах медичного кабінету. Вони мають високу якість зображення, порівняну зі стаціонарними аналогами. Рухома платформа дозволяє легко переміщувати апарат. Ці системи широко використовуються в реанімаційних відділеннях, інтенсивній терапії та травматологічних відділеннях.

2. Мобільні апарати: Ці апарати ще більш зручні в експлуатації, оскільки вони менші за розміром і вагою, а також є дуже ергономічними. Вони часто використовуються в польових умовах в невеликих медичних пунктах. Мобільні апарати мають компактний корпус, що дозволяє отримувати якісні зображення під будь-яким кутом і в будь-якому положенні тіла. Вони також характеризуються меншою дозою випромінювання порівняно зі стаціонарними апаратами, а якість зображень не поступається.

Найпопулярнішим прикладом мобільного рентгену є портативний рентгеноскоп, який використовується лікарями швидкої медичної допомоги. Він також широко застосовується на виробництві для контролю якості товарів.

Обидва види мобільних рентгенапаратів дозволяють здійснювати діагностичні обстеження у рухомих умовах і допомагають забезпечувати доступ до рентгенологічної діагностики.



Рис. 3.1. Палатний(мобільний) рентгенівський апарат EcoRay ULTRA 200



Рис. 3.2 портативний рентген апарат

3.2 Переваги цифрової рентгенографії

Апаратна реалізація рентгену з цифровою обробкою, відома також як цифрова рентгенографія, є сучасним методом зображення, що використовується у медицині для діагностики та візуалізації внутрішніх структур організму.

У традиційній рентгенографії знімки отримуються за допомогою рентгенівського променя, який проходить через тіло пацієнта і відображається на рентгенівській плівці. Після цього фільм обробляється хімічними речовинами для отримання зображення. У цифровій рентгенографії знімок отримується за допомогою спеціального датчика, який приймає рентгенівське випромінювання і перетворює його в цифровий сигнал. Цей сигнал потім передається до комп'ютера, де проводиться цифрова обробка та відтворення зображення.

Основні переваги цифрової рентгенографії включають:

1. Нижча доза випромінювання: Датчики цифрової рентгенографії зазвичай потребують меншої кількості рентгенівського випромінювання, щоб отримати якісне зображення, порівняно з традиційною рентгенографією. Це дозволяє знизити дозу випромінювання для пацієнтів і медичного персоналу.

2. Швидкість та доступність результатів: Цифрові зображення можуть бути отримані миттєво, тому лікарі можуть одразу оцінити результати. Крім того, цифрові зображення можуть бути легко пересилані електронною поштою або збережені в електронному форматі, що полегшує обмін і збереження медичної інформації.

3. Покращена якість зображення: Цифрова обробка зображень дозволяє лікарям покращити контрастність, якість та роздільну здатність зображення. Вони можуть збільшувати, зменшувати, підсвічувати чи змінювати інші параметри зображення для отримання детальнішої інформації.

4. Можливість архівування та обробки: Цифрові зображення можуть бути збережені на комп'ютерних серверах та архівовані для майбутнього

використання. Вони також можуть бути легко оброблені, розділені на шари для отримання тривимірних зображень або порівняні з іншими зображеннями для стеження за змінами у часі.

Цифрова рентгенографія є важливим засобом діагностики у багатьох медичних сферах, таких як стоматологія, ортопедія, урологія, пульмонологія та інші. Вона допомагає лікарям отримувати точніші та детальніші зображення, що сприяє більш ефективній діагностиці та лікуванню пацієнтів.

3.3 Переваги та недоліки мобільних рентген апаратів

Мобільні рентгенапарати мають декілька переваг у порівнянні з традиційними стаціонарними апаратами. Ось деякі з них:

1. Портативність і мобільність: Однією з основних переваг мобільних рентгенапаратів є їх портативність. Вони зазвичай мають компактні розміри і можуть бути легко переміщені з одного місця в інше. Це особливо корисно в ситуаціях, коли пацієнт не може бути перевезений до стаціонарного рентгенкабінету, наприклад, в лікарнях, інтенсивній терапії чи в домашніх умовах.

2. Надійність та ефективність: Мобільні рентгенапарати зазвичай мають високу надійність і ефективність. Вони розроблені з урахуванням потреб медичних працівників, дозволяючи легко маневрувати і отримувати зображення в складних позиціях або обмежених просторах. Це сприяє зручності та швидкості проведення досліджень.

3. Миттєва доступність результатів: Завдяки цифровій технології мобільні рентгенапарати надають миттєвий доступ до цифрових зображень. Результати можуть бути відобразжені на моніторі без необхідності очікування розробки фільмів чи плівок. Це дозволяє медичному персоналу негайно оцінити стан пацієнта і прийняти необхідні рішення.

4. Зменшення дози випромінювання: Мобільні рентгенапарати можуть бути оснащені функціями зменшення дози випромінювання, такими як автоматичне регулювання потужності і фільтрація. Це дозволяє точно контролювати дозу випромінювання, що корисно для безпеки пацієнтів та медичного персоналу.

5. Економічність: Встановлення стаціонарного рентгенапарату може бути дорогим і вимагати будівельних робіт. Мобільні рентгенапарати є більш економічно вигідними, оскільки вони не потребують стійок та інших будівельних робіт. Вони також можуть бути подорожніми і використовуватись на різних медичних об'єктах.

Загалом, мобільні рентгенапарати є зручними, ефективними та портативними засобами, які забезпечують швидке та якісне отримання рентгенівських зображень у різних клінічних ситуаціях.

Попри переваги, мобільні рентгенапарати також мають кілька недоліків, які варто враховувати:

1. Обмежений функціонал: Мобільні рентгенапарати, як правило, мають обмежений функціонал у порівнянні зі стаціонарними системами. Вони можуть мати меншу роздільну здатність, обмежену кількість налаштувань та обмежений спектр функцій, які доступні для використання.

2. Обмежена порція зображення: У мобільних рентгенапаратах може бути обмежений розмір інтерактивної області зображення, яку можна захопити одним захопленням. Це може створювати проблеми для отримання повного зображення, та анатомічного деталізації.

3. Вплив на якість зображення: Мобільні рентгенапарати можуть бути більш схильними до рухів, вібрацій або неконтрольованих факторів, які можуть впливати на якість зображення. Відповідно, це може призвести до неоднорідності зображень або втрати деталей.

4. Вища вартість: Мобільні рентгенапарати, як правило, є дорожчими у порівнянні зі стаціонарними системами, оскільки вони потребують додаткових технологій та портативної конструкції. Це може бути фінансовим викликом для деяких медичних закладів або клінік, які мають обмежений бюджет.

Враховуючи ці недоліки, важливо аналізувати конкретні потреби і обставини перед вибором мобільного рентгенапарату для використання.

ВИСНІВКИ

Перехід до цифрового приймача в мобільних рентгенапаратах дозволяє отримати якісніші зображення та забезпечити швидку передачу даних для аналізу і збереження. Цифрові приймачі забезпечують більшу чутливість до рентгенівського випромінювання, що дозволяє отримувати зображення з меншою дозою опромінення для пацієнта. Мобільні рентгенапарати з цифровим приймачем забезпечують більшу мобільність та гнучкість використання, оскільки не потребують фіксованих підключень до обладнання. Цифровий формат зображень дозволяє швидше отримати результати та легко обмінюватися даними з іншими медичними працівниками через електронну мережу.

Можливість безпосереднього перегляду зображень на екрані дозволяє лікарям отримати миттєвий зворотний зв'язок та при необхідності повторити знімок негайно. Цифровий метод отримання знімків дозволяє зберігати та архівувати зображення в електронному форматі, що полегшує їх збереження та доступ до них, для подальшого аналізу та порівняння. Враховуючи поточний розвиток технологій, мобільні рентгенапарати з цифровим приймачем можуть мати потенціал для подальшого вдосконалення, включаючи покращення якості зображень, зниження доз опромінення та розширення функціональності.

Загалом, мобільні рентгенапарати з цифровим приймачем відкривають нові можливості для ефективної діагностики та надання медичної допомоги на різних місцях, забезпечуючи високу якість зображень, мобільність та швидкість отримання результатів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Радіонуклідна діагностика та променева терапія /за ред.А.П.Лазаря/. — Вінниця: Нова книга, 2006.—200 с.
2. Кузовик В. Д., Кучеренко В. Л., Булигіна О. В. Експлуатація біомедичної апаратури: Навчальний посібник/МОН. – К.: НАУ, 2010. – 160 с.
3. Рентгенологія / Базилевич Н.И., Бледнов В.А., Лундовская В.П. (2009)
4. Цифрова рентгенологія / Кузнецова Л.В. (2008)
5. Рентгенодіагностика: Підручник / Горобець В.І., Бобришев Ю.В. (2011)
6. Рентгенологія: практикум / Чорний Є.В., Левченко В.М., Зав'ялов О.О. (2014)
7. Основи цифрової рентгенодіагностики / Ковальчук М.В., Стариков А.П., Шкраба В.В. (2013)
8. Руссу, І. (2020). Експериментальні підходи у вивченні біологічної дії іонізуючого випромінювання.
9. Туманська, Н. В., Барська, К. С., Скринченко, С. В., & Кічангіна, Т. М. (2017). Рентгенологічні методи дослідження: навч. посіб.
10. Сідченко, Є. С., & Немченко, К. Е. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.
11. Шуаїбов, О. К., Грицак, Р. В., & Малініна, А. О. (2023). ВСТУП ДО БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ.