

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Росєв Павло Миколайович

УДК 518.715.6

**МЕТОД СПЕКТРАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ЗАДАЧІ ОЦІНЮВАННЯ
ПАРАМЕТРІВ ВИПРОМІНЮВАЧІВ Х-ПРОМЕНЕВИХ
ДІАГНОСТИЧНИХ АПАРАТІВ**

163 – Біомедична інженерія

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук,
доцент кафедри біотехнічних систем
Шадріна Галина Михайлівна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
доцент кафедри радіотехнічних систем
Дедів Ірина Юріївна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 23 лютого 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Для отримання високоякісної діагностики при мінімальній дозі опромінювання пацієнта, необхідно забезпечити задані умови для рентгенівського дослідження.

У перелік основних параметрів рентгенівських випромінювачів, що перевіряються при випробуванні нових, відремонтованих і модернізованих РДА, а також при проведенні періодичного контролю апаратів, входять сумарна фільтрація пучка рентгенівського випромінювання, точність виконання установок анодної напруги і шар половинного ослаблення.

Необхідність контролю перерахованих параметрів пояснюється їх впливом не тільки на інтегральну інтенсивність рентгенівського випромінювання, що генерується, але і на його спектральний склад і проникаючу здатність. Тому ці параметри визначають дозиметричні характеристики випромінювання, які впливають як на величину дози опромінювання пацієнта, так і на якість отриманого рентгенівського зображення.

В лікувально-профілактичних закладах контролюються параметри РДА радіаційними методами, тобто без втручання в електричні кола живлення пристрою.

Фільтрацію рентгенівського випромінювача рекомендується вимірювати шляхом підбору товщини шару опорного матеріалу, потрібної для отримання такого ж шару половинного ослаблення, що і для композиції матеріалів, використаних в конструкції рентгенівського випромінювача. Цей метод характеризується невисокою точністю зважаючи на можливе відхилення параметрів зразків матеріалів від значень відповідних параметрів поглинаючих середовищ досліджуваного рентгенівського випромінювача. Інші радіаційні методи визначення власної фільтрації рентгенівського випромінювача пропонувалися в роботах Н.Н. Блінова, Л.В. Владімірова і А.А. Козлова, проте результати вимірювань цими методами пов'язані з величиною анодної напруги і залежать від її точності.

Анодна напруга також може бути виміряна радіаційними методами, які можна розділити на дві групи. До першої групи відноситься розроблений в роботах І.П. Зубкова, Б.Г. Потапова, В.Н. Васильєва і Ю.В. Ларчикова складний і дорогий рентгеноспектральний метод визначення анодної напруги. Результати вимірювань цим методом не залежать від величини сумарної фільтрації пучка рентгенівського випромінювання. До другої групи відносяться методи визначення анодної напруги за виміряною проникаючою здатністю рентгенівського випромінювання, які розроблені Н.Н. Млинцевим, Г.І. Бердяковим, Т.В. Даніленко і іншими дослідниками. Ці методи набули ширшого поширення завдяки відносній простоті, проте результати вимірювань анодної напруги методами другої групи залежать від величини сумарної фільтрації випромінювання.

Шар половинного ослаблення вимірюють або що згадується в і інших роботах широковідомим методом підбору товщини фільтру, що ослаблює рентгенівське випромінювання в два рази, або методами порівняння почорнінь ділянки рентгенівської плівки, що експонується через вимірювальний клин, і ділянки, що отримали половинну експозицію. Методи порівняння пропонувалися в роботах Н.Н. Блінова, Б.Я. Мішкиніса, М.Е. Смехова, І.М. Харітонова і інших авторів. Визначення шару половинного

ослаблення методом підбору товщини фільтру є достатньо трудомістким процесом, а результати вимірювань методами порівняння залежать від точності установки анодної напруги.

Отже, розробка нової модифікації радіаційного методу - методу спектрального перетворення для вимірювання значень сумарної фільтрації, анодної напруги і шару половинного ослаблення, заснованого на перетворенні спектру рентгенівського випромінювання є актуальним завданням.

Мета та задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка методу спектрального перетворення для вимірювання сумарної фільтрації пучка рентгенівського випромінювання, шару половинного ослаблення і анодної напруги РДА без взаємного впливу визначальних параметрів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести огляд відомих сучасних методів і засобів визначення параметрів випромінюючої частини РДА.

2. Розробити фізичну модель методу спектрального перетворення для вимірювання сумарної фільтрації, шару половинного ослаблення і анодної напруги РДА, заснованої на зміні форми енергетичного спектру випромінювання при його фільтрації спектроперетворюючим фільтром.

3. Розробити математичну модель і оцінити методичні похибки методу спектрального перетворення.

4. Обґрунтувати доцільність використання коефіцієнта пропускання випромінювання заданим тестовим фільтром як міру зміни форми енергетичного спектру випромінювання при його фільтрації.

5. Розробити алгоритми вимірювання, збору і обробки даних для реалізації методу.

6. Експериментально досліджувати можливості методу, що розробляється. Виявити чинники, визначальну чутливість і точність методу.

7. Розробити методики виконання вимірювань сумарної фільтрації, шару половинного ослаблення і анодної напруги РДА методом спектрального перетворення.

Об'єкт дослідження. Процес розробки методу спектрального перетворення для вимірювання сумарної фільтрації, шару половинного ослаблення і анодної напруги РДА

Предмет дослідження. Ренгенодіагностична апаратура.

Методи дослідження. В ході вирішення поставлених завдань були використані методи математичного моделювання із застосуванням математичного пакету MATHCAD, методи інтерполяції, чисельного вирішення інтегральних рівнянь, а також статистичні методи обробки даних.

Наукова новизна отриманих результатів. Запропонований метод спектрального перетворення для вимірювання сумарної фільтрації, шару половинного ослаблення і анодної напруги РДА, заснований на зміні форми енергетичного спектру випромінювання при його фільтрації спектроперетворюючим фільтром. Для реалізації методу виявлена особливість, згідно якої зміна коефіцієнта пропускання випромінювання заданим тестовим фільтром при збільшенні загальної фільтрації відбувається в нерівному ступені для різних режимів генерування рентгенівського випромінювання.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати є основою для розробки методики вимірювання сумарної фільтрації, шару половинного

ослаблення і анодної напруги РДА методом спектрального перетворення. Вказана методика може бути використана в процесі контролю параметрів випромінювачів РДА при виробничих випробуваннях і експлуатації в лікувально-профілактичних установах. Розроблені алгоритм і комп'ютерна програма розрахунку коефіцієнта пропускання випромінювання заданого тестового фільтру можуть бути корисні при підготовці інженерів, рентгенотехніків і рентгенолаборантів.

Публікації. Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листоп. 2017.)

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 134 сторінках, списку використаних джерел з 49 назв на 5 сторінках, додатків на 1 сторінці. Загальний обсяг роботи становить 141 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

У першому розділі «Сучасні методи і засоби визначення параметрів випромінювачів рентген діагностичних апаратів» описано відомі методи визначення параметрів випромінюючої частини РДА. В процесі дослідження було розглянуто розрахунковий метод визначення сумарної фільтрації, при його реалізації розраховують власну фільтрацію рентгенівського випромінювача підсумовуванням значень еквівалентної фільтрації від кожного шару матеріалу випромінювача. Існують два методи радіаційного вимірювання сумарної фільтрації: за точкою перетину графіків залежності показника ступеня функції $J = \Phi(U_a^m)$ від товщини фільтру, що ослабляє; за значенням ефективної енергії рентгенівського випромінювання, визначуваному ослабленням пучка рентгенівського випромінювання в заданому матеріалі або порівнянням сигналів двох детекторів з різною спектральною чутливістю. При цьому існують методи визначення анодної напруги РДА, які діляться на контактні і радіаційні.

У другому розділі «Математична модель методу спектрального перетворення для вимірювання параметрів випромінювачів рентген діагностичних апаратів» розроблено математична модель методу спектрального перетворення. Отримані функціональні залежності, що зв'язують величини сумарної фільтрації і анодної напруги з коефіцієнтом пропускання випромінювання заданим тестовим фільтром. Отримані розрахункові співвідношення, що зв'язують величини сумарної фільтрації і анодної напруги з величиною першого шару половинного ослаблення.

У третьому розділі «Метод спектрального перетворення для вимірювання параметрів випромінювачів рентген діагностичних апаратів» розглянуто метод спектрального перетворення для вимірювання сумарної фільтрації пучка рентгенівського випромінювання, шару половинного ослаблення і анодної напруги РДА, заснований на

зміні форми енергетичного спектру випромінювання при його фільтрації спектроперетворюючим фільтром.

Розроблені алгоритми і програма розрахунку коефіцієнта пропускання випромінювання заданого тестового фільтру. Досліджений вплив дійсної величини анодної напруги на результати вимірювання значень сумарної фільтрації.

У четвертому розділі «Експериментальне дослідження методу спектрального перетворення» отримано розрахункові співвідношення, що зв'язують величини сумарної фільтрації і анодної напруги з величиною першого шару половинного ослаблення. Проведена експериментальна перевірка отриманих співвідношень і показано, що максимальна відмінність розрахункових значень від експериментальних складає не більш $\pm 3\%$. Експериментально визначено, що для величин анодної напруги, що перевищують 80 кВ, виміряні значення сумарної фільтрації і анодної напруги відрізняються від їх дійсних значень.

Отримані залежності, що визначають спектральну залежність, вимірюваних методом спектрального перетворення величин, а також розроблений спосіб корекції знайдених досліджуванним методом величин анодної напруги і сумарної фільтрації РДА. Експериментально показано, що при використанні корекції похибки визначення значень сумарної фільтрації і анодної напруги складають менш $\pm 8\%$ і $\pm 5\%$ відповідно.

Виконана експериментальна перевірка отриманих співвідношень і показано, що максимальна розбіжність експериментальних і розрахункових значень спостерігається для величин анодної напруги вище 100 кВ і не перевищує 1,5%.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень та проведено обґрунтування вибору пакету Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 33489,24 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання охорони праці та встановлено порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, електромагнітне забруднення довкілля, його вплив на людину, захист від впливу електромагнітних полів.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра розв'язано актуальну наукову задачу, яка полягає в розробленні методу спектрального перетворення для задачі оцінювання параметрів випромінювачів X-променевих діагностичних апаратів. При цьому отримано такі результати:

1. Запропонований метод спектрального перетворення для вимірювання сумарної фільтрації пучка рентгенівського випромінювання, шару половинного ослаблення і анодної напруги РДА, заснований на зміні форми енергетичного спектру випромінювання при його фільтрації спектроперетворюючим фільтром.

2. Отримані функціональні залежності, що зв'язують величини сумарної фільтрації і анодної напруги з коефіцієнтом пропускання випромінювання заданим тестовим фільтром. Розроблені алгоритми і програма розрахунку коефіцієнта пропускання випромінювання заданого тестового фільтру. Виконана експериментальна перевірка отриманих співвідношень і показано, що максимальна розбіжність експериментальних і розрахункових значень спостерігається для величин анодної напруги вище 100 кВ і не перевищує 1,5 %.

3. Розроблена математична модель методу спектрального перетворення. Виявлені фактори: чутливості і похибка методу. Експериментально показано, що для величин анодної напруги, менших 80 кВ, похибка визначення значень сумарної фільтрації і анодної напруги складають менш $\pm 4\%$ і $\pm 3\%$ відповідно.

4. Отримані розрахункові співвідношення, що зв'язують величини сумарної фільтрації і анодної напруги з величиною першого шару половинного ослаблення. Проведена експериментальна перевірка отриманих співвідношень і показано, що максимальна відмінність розрахункових значень від експериментальних складає не більш $\pm 3\%$.

5. Досліджений вплив дійсної величини анодної напруги на результати вимірювання значень сумарної фільтрації. Експериментально визначено, що для величин анодної напруги, що перевищують 80 кВ, виміряні значення сумарної фільтрації і анодної напруги відрізняються від їх дійсних значень. Отримані залежності, що визначають спектральну залежність, вимірюваних методом спектрального перетворення величин, а також розроблений спосіб корекції знайдених досліджуваним методом величин анодної напруги і сумарної фільтрації РДА. Експериментально показано, що при використанні корекції похибки визначення значень сумарної фільтрації і анодної напруги складають менш $\pm 8\%$ і $\pm 5\%$ відповідно.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Роев П.М. Оцінювання параметрів випромінювачів х-променевих діагностичних апаратів / Л.Є. Дедів, П.М. Роев //Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листоп. 2017.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. – 45С.

АНОТАЦІЯ

Роев П.М. Метод спектрального перетворення для задачі оцінювання параметрів випромінювачів X-променевих діагностичних апаратів. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університету імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено розробці методу спектрального перетворення для вимірювання параметрів випромінювачів. В роботі представлено фізичну суть методу спектрального перетворення для вимірювання сумарної фільтрації, шару половинного ослаблення і анодної напруги рентгено-діагностичної апаратури, заснованої на зміні форми енергетичного спектру випромінювання при фільтрації. Розроблено математичну модель методу спектрального перетворення. Крім того, побудовано алгоритми вимірювання, збору і обробки даних для реалізації методу та приведений спосіб корекції величин анодної напруги і сумарної фільтрації, вимірних розробленим методом.

Ключові слова: спектральне перетворення, рентгенівське зображення, сумарна фільтрація, інтерполяція, анодна напруга, коефіцієнт пропускання, тестовий фільтр.

ABSTRACT

Roev P.M. The method of spectral transformation for the task of estimating the parameters of emitters of X-ray diagnostic vehicles. - The manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

Qualifying work of master's degree is devoted development of method of spectral transformation for measuring of parameters of emitters. Physical essence of method of spectral transformation is in-process presented for measuring of total filtration, layer of the half-note weakening and anodal tension of x-ray-diagnostic apparatus, based on the change of form of power spectrum of radiation during filtration. The mathematical model of method of spectral transformation is developed. In addition, the algorithms of measuring, collection and processing of data, are built for realization of method and the method of correction of sizes of anodal tension and total filtration, measured the developed method is resulted.

Keywords: spectral transformation, x-ray photography image, total filtration, interpolation, anodal tension, transmissivity, test filter.